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

**Respostas do milho RR2/LL à aplicação de glyphosate e
associações de herbicidas**

Alfredo Junior Paiola Albrecht

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2016**

Alfredo Junior Paiola Albrecht
Engenheiro Agrônomo

Respostas do milho RR2/LL à aplicação de glyphosate e associações de herbicidas

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

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2016

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

Albrecht, Alfredo Junior Paiola

Respostas do milho RR2/LL à aplicação de glyphosate e associações de herbicidas /
Alfredo Junior Paiola Albrecht. - - Piracicaba, 2016.
155 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Zea mays* 2. Seletividade 3. Fitointoxicação 4. Tolerância a Herbicida I. Título

CDD 633.15
A341r

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela benção da vida, em seguida, pela motivação e empenho no estudo e no trabalho, e por estar 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. A minha mãe Geni, por ter me criado com todo o amor de uma mãe preocupada. A minha irmã Beatriz, pela alegria que transmite a nossa família.

Em especial, agradeço ao meu querido irmão e amigo Leandro, que constantemente me motivou a estudar e abriu caminho para que eu me dedicasse à vida acadêmica. Ele sempre me apoiou e nunca mediu esforços para me ajudar nos momentos difíceis de minha vida. Sendo um cristão correto e de bem com a vida e, também, um excelente profissional, desta forma é um verdadeiro exemplo de vida para mim.

Agradeço a minha noiva e amiga Rafaela, que me ajuda e apoia muito em tudo, incessantemente tentando fazer de mim uma pessoa melhor.

Agradeço aos Professores da UEM que me auxiliaram e orientaram durante a graduação, possibilitando meu ingresso no mestrado. E agradeço aos Professores da ESALQ, em especial ao meu grande orientador, Prof. Titular - Ricardo Victória Filho, que se esforçou para transmitir seus conhecimentos e experiência, valorizou e depositou confiança em meu trabalho, sendo além de um excelente orientador, um grande amigo e exemplo profissional. Agradeço também ao meu coorientador Prof. Caio Antonio Carbonari, pelos ensinamentos, sugestões e pelo acompanhamento dos meus trabalhos.

Agradeço a ESALQ e a seus colaboradores. Entre eles destaco o agradecimento à Helena Chamma, pelos ensinamentos, à secretária Luciane Toledo, pela dedicação, e aos colaboradores do Departamento de Produção Vegetal: Luiz Ferrari, Aparecido Mendes, Clayton Coratito, Maria Celia e Bete Sarkis.

Agradeço também de forma muito especial a todos os meus alunos e amigos do Grupo Supra Pesquisa, destacando entre eles: Danilo Rodrigues, Henrique Placido, Katle Wobeto, Vinicius Gabriel, Juliano Lorenzetti, Victor Cesco, Henrique Villetti, Giovana Orso, Mateus Mattiuzzi, Felipe Wagner, José Eduardo, Gabriela Gayoso, Cristian Zanfrilli, Tamara Mundt, Caroline Marchi, Marcelo Cassol, Suelen Pujarra, Felipe Bauer e ao grande Fábio Krenchinski, que auxiliaram significativamente em diversas etapas dos trabalhos realizados.

Agradeço aos colegas Professores do Departamento de Ciências Agronômicas da UFPR - Setor Palotina, pelo apoio e agradeço a UFPR pela disponibilização de infraestrutura.

Agradeço pelo apoio da C.Vale Cooperativa Agroindustrial, na figura do amigo Enoir Pellizzaro, que nos cedeu considerável espaço na estação experimental de Palotina. Também agradeço ao agricultor e nosso parceiro, o Sr. Benjamin Krenchinski, que nos cedeu áreas para execução de vários experimentos.

Agradeço a DuPont-Pioneer, na figura do colega Alan Pelissari, por nos disponibilizar sementes e nos proporcionar uma parceria com o Laborfort-Análises Químicas, a qual agradeço imensamente por ter subsidiado as análises nutricionais realizadas neste projeto.

Agradeço aos meus amigos Eduardo de Pintor, Jhonatan Marchiori e Diogo Marques. Também agradeço aos meus amigos da pós-graduação, com destaque para André Felipe, Silas Maciel, Cristiano Bortoluzzi, José Guilherme, João Pedro, Clóvis Pierozan, Felipe Brendler, Arthur Barroso, Fabrícia Reis e aos amigos que fazem parte do grupo PRO-HORT, especialmente ao Bruno Flaibam e Luiz Henrique, pelo apoio, companheirismo e convivência de todos. Ainda a todas as outras pessoas que estão fazendo parte desta minha conquista a ser alcançada.

EPÍGRAFE

“Adquire a sabedoria e a compreensão;
não te esqueças das palavras da minha boca,
nem delas te apartes.
Não abandones a sabedoria, e ela te protegerá;
ama-a, e ela te guardará.
A sabedoria é suprema;
portanto, adquire a sabedoria.
Sim, com tudo o que possuis adquire o entendimento”.

Livro de Provérbios, Velho Testamento, cap. 4, ver. 5 – 7, Bíblia Sagrada.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
Referências	19
2 FORMULAÇÕES, MANEJOS E DOSES DE GLYPHOSATE APLICADOS EM MILHO RR2.....	21
Resumo	21
Abstract	21
2.1 Introdução.....	22
2.2 Material e Métodos	25
2.2.1 Experimentos em campo	25
2.2.2 Experimentos em Casa de Vegetação	32
2.2.3 Análise estatística dos dados	34
2.3 Resultados e Discussão	35
2.3.1 Experimentos realizados em campo	35
2.3.1.1 Experimento primeira safra 2012/13 realizado em Palotina-PR	36
2.3.1.2 Experimento segunda safra 2012/13 realizado em Palotina-PR.....	45
2.3.1.3 Experimento primeira safra 2013/14 realizado em Palotina-PR	57
2.3.1.4 Experimento segunda safra 2013/14 realizado em Palotina-PR.....	69
2.3.1.5 Experimento primeira safra 2012/13 realizado em Marechal Cândido Rondon-PR, ensaio complementar.....	77
2.3.2.1 Experimento em casa de vegetação, realizado em Piracicaba-SP (2014) ...	89
2.3.2.2 Experimento em casa de vegetação, realizado em Palotina-PR (2015).....	95
2.3.3 Discussão Geral	107
2.4 Conclusões	111
Referências	111
3 HERBICIDAS ISOLADOS E ASSOCIADOS APLICADOS EM MILHO RR2/LL ..	119
Resumo	119
Abstract	119
3.1 Introdução.....	120
3.2 Material e Métodos	123
3.2.1 Experimentos em campo	123
3.2.2 Experimentos em Casa de Vegetação	127

3.2.3 Análise estatística dos dados	130
3.3 Resultados e Discussão	130
3.3.1 Experimentos realizados em campo	130
3.3.1.1 Experimento I realizado na safra 2012/13	130
3.3.1.2 Experimento I realizado na safra 2013/14	132
3.3.1.3 Experimento II realizado na safra 2012/13	133
3.3.1.4 Experimento II realizado na safra 2013/14	134
3.3.2 Experimentos realizados em casa de vegetação	137
3.3.2.1 Experimento I realizado em Piracicaba-SP (2014)	137
3.3.2.2 Experimento I realizado em Palotina-PR (2015)	139
3.3.2.3 Experimento II realizado em Piracicaba-SP (2014)	143
3.3.2.4 Experimento II realizado em Palotina-PR (2015)	145
3.3.3 Discussão final	149
3.4 Conclusões	151
Referências	152
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	155

RESUMO

Respostas do milho RR2/LL à aplicação de glyphosate e associações de herbicidas

Faz-se necessária a continuidade no processo de geração de informações provenientes da pesquisa dirigida, buscando-se caracterizar a situação atual do uso de glyphosate e outros herbicidas aplicados em pós-emergência, na cultura do milho Roundup Ready 2 (RR2) e Liberty Link (LL), isso por meio da obtenção de informações que possam fomentar o posicionamento mais seguro destas tecnologias. Sem dúvida, esse assunto exige novas pesquisas, visando proporcionar condições que favoreçam o uso sustentável desta ferramenta que vêm apresentando grande potencial de utilização pelos produtores brasileiros, propiciando benefícios relacionados ao controle de plantas daninhas. O presente trabalho teve como objetivo a avaliação das respostas do milho RR2, submetido à aplicação de manejos, formulações e doses do herbicida glyphosate e, também, as repostas do milho RR2/LL à aplicação de diferentes associações de herbicidas. Para isso, foram conduzidos experimentos testando dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate (fatorial triplo 2x2x5), em milho de primeira safra (verão) e segunda safra (safrinha), durante uma sequência de dois anos agrícolas (2012/13 e 2013/14), totalizando quatro experimentos com 20 tratamentos cada, que foram realizados na estação experimental da C.Vale - Cooperativa Agroindustrial (Palotina-PR). Além destes, conduziu-se um experimento complementar, com os mesmos tratamentos, numa propriedade agrícola em Marechal Cândido Rondon-PR, na primeira safra de 2012/13. Também foram realizados dois experimentos distintos com oito tratamentos cada, utilizando glyphosate, amônio-glufosinato e herbicidas aplicados normalmente no milho convencional (atrazine e nicosulfuron), estes foram conduzidos na primeira safra de 2012/13 e repetidos na primeira safra de 2013/14, ambos em uma propriedade agrícola em Marechal Cândido Rondon-PR. Para o aprimoramento dos dados, foram conduzidos mais seis experimentos em casa de vegetação (três em Piracicaba-SP e três em Palotina-PR), com os mesmos tratamentos dos experimentos realizados em campo, com o propósito de alcançar informações adicionais que permitissem melhor entendimento do comportamento da cultura após ser submetida à aplicação dos tratamentos. Foram analisadas diversas variáveis relacionadas ao desempenho agrônômico da cultura (aferições de alturas, diâmetro de colmo, índices de clorofila, massa fresca e seca de parte aérea, massa seca da raiz, produtividade e massa de 100 grãos) e relacionadas a qualidade dos grãos produzidos (teste de germinação, teor de proteínas, teores de macro e micronutrientes). A partir dos resultados alcançados, demonstrou-se que mesmo variando a formulação ou manejo utilizado, altas doses de glyphosate podem ser prejudiciais ao desenvolvimento do milho RR2, e também que nicosulfuron e algumas associações triplas de herbicidas podem trazer danos ao milho apresentando tecnologias transgênicas que conferem tolerância a herbicidas.

Palavras-chave: *Zea mays*; Seletividade; Fitointoxicação; Tolerância a Herbicida

ABSTRACT

RR2/LL corn responses to application of glyphosate and herbicide associations

It is necessary to continue the information generation process from directed research, trying to characterize the current situation of the use of glyphosate and another herbicides applied in post-emergence, in corn Roundup Ready (RR2) culture, this by obtaining informations that can foment safer positioning of this technology. No doubt, this topic demands new researches, aiming to provide conditions that favor the sustainable use of this tool that has been showing high potential of use by Brazilian producers, providing these benefits related to the weeds control. The present work has the objective of evaluation of RR2 Corn replies, submitted to application managements, formulations and dosages of glyphosate herbicide and, also the replies of Corn RR2 and RR2/LL, to the application of different associations of herbicides. For that it was conducted experiments testing two managements, two formulations and five dosages of glyphosate (triple factorial 2x2x5), in corn of first crop (summer) and second crop (winter corn crops), during one sequence of two agricultural years (2012/13 and 2013/14), totalizing four experiments of 20 treatments each, that were performed in the experimental station of C.Vale Cooperativa Agroindustrial (Palotina-PR). Besides these, it was conducted one complementary experiment, with the same treatments, in an agricultural property in Marechal Cândido Rondon-PR, in the first crop of 2012/13. It was also realized two different experiments with eight treatments each, using glyphosate, ammoniun-glufosinate and herbicides usually applied in conventional maize (atrazine and nicosulfuron), these were conducted in the first crop of 2012/13, and repeated in the first crop of 2013/14, both in an agricultural property in Marechal Cândido Rondon-PR. For data improvement, it was conducted more six experiments in a greenhouse (three in Piracicaba-SP and three in Palotina-PR), with the same treatments of the experiments carried out in field, with the purpose to reach additional information that allowed a better understanding of the crop behavior after being submitted to the treatments application. Several variables were analyzed related to the agronomic development of the crop (culture measurements, stem diameter, chlorophyll index, fresh and dry matter of the air part, root dry mass, productivity and weight of 100 grains) and related to quality of produced grains (germination test, proteins content, macro content and micronutrients). From the results achieved, it was shown that even by varying the formulation or management used, high dosages of glyphosate can be harmful to the development of RR2 corn and that also nicosulfuron and some triple associations of herbicides can bring damage to corn showing transgenic technologies that confer tolerance to herbicides.

Keywords: *Zea mays*; Selectivity; Phytointoxication; Herbicide Tolerance

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho se destaca pelo fato de sua fonte energética ser considerada por muitos a base da alimentação humana e animal. Atualmente, seu processamento dá origem a rações animais, é utilizada em indústrias alimentícias, na fabricação de bioplásticos, corantes, espessantes e biocombustíveis, de forma a se constituir em uma commodity altamente expressiva (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015).

No Brasil, pensando-se no cenário recente de produção de grãos, o milho só não supera a cultura da soja em área e produtividade. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2015), na safra 2014/2015, a área total de milho (primeira e segunda safra) foi de cerca de 15,7 milhões de hectares, e a produtividade média de 5.396 kg ha⁻¹. Na safra 2015/2016, a estimativa de área total de milho (primeira e segunda safra) é de cerca de 15,3 milhões de hectares e a produtividade média será de 5.370 kg ha⁻¹ (63% desta área e 66% da produção correspondem ao milho de segunda safra).

Quando relacionamos a cultura do milho às ferramentas biotecnológicas disponíveis no Brasil, temos os eventos que conferem resistência a insetos e mais recentemente passamos a ter grandes áreas cultivadas com milho apresentando tolerância a herbicidas, como a tecnologia RR2 (Roundup Ready 2), que se refere ao milho tolerante ao herbicida glyphosate (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA - CIB, 2012). Atualmente, a maioria do milho transgênico comercializado no Brasil apresenta estes eventos com finalidades de tolerância a herbicidas e resistência a insetos (CIB, 2016).

O milho RR2 surgiu devido a problemas que foram identificados com o milho tolerante a glyphosate de primeira geração (milho GA21, lançado em 1980). A enzima (EPSPs) insensível ao glyphosate (SPENCER et al., 2000), inserida no milho através de biobalística, possuía um gene promotor relacionado às plantas de arroz (Os.Act1) e semelhante 99,3% com a EPSPs selvagem isolada (CAJACOB et al., 2007). Porém, a expressão da EPSPs nessas plantas era reduzida, principalmente em tecidos novos e reprodutivos, com isso, a aplicação de glyphosate mostrava-se prejudicial em alguns casos. Fato similar ocorreu na cultura do algodão, na qual não se recomendava a aplicação do herbicida em plantas mais desenvolvidas (PLINE et

al., 2002), pelo fato de que nestas plantas a aplicação causava queda de capulhos e perdas na produtividade (JONES; SNIPES, 1999).

A segunda geração do milho RR possui uma enzima (EPSPs) diferente da primeira. O milho NK603 (RR2) foi desenvolvido com promotores virais e elementos regulatórios que elevam a expressão da tolerância ao glyphosate na planta, principalmente nos tecidos anteriormente vulneráveis (CAJACOB et al., 2007), a homologia desta enzima com a EPSPs selvagem é de 99,7%, segundo os autores (homologia com a EPSPs da bactéria *A. tumefaciens*). Esta mudança sanou o problema existente com as fitointoxicações, e também possibilitou à Monsanto renovar suas patentes e disponibilizar no mercado um material com maior aceitabilidade por parte dos produtores. Destaca-se que no Brasil os primeiros híbridos de milho comerciais tolerantes ao glyphosate, já apresentavam a segunda geração dessa tecnologia RR, ou seja, NK603 - Roundup Ready 2 (CIB, 2016).

Atualmente, a tecnologia Roundup Ready é muito conhecida no Brasil e no Mundo, sendo relacionada inicialmente à soja, e, mais recentemente, ao milho e a outras culturas como o algodão. Este fato pode ser atribuído aos expressivos benefícios advindos dessa tecnologia, resultando na rápida e grande aceitabilidade por parte dos agricultores (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

Como exemplos, temos a alta eficácia de controle de plantas daninhas pelo uso do glyphosate; a economia na compra de herbicidas (no ano de 1995, eram utilizados 11 herbicidas diferentes na cultura da soja, hoje na maioria das vezes, é utilizado apenas o glyphosate); além dos benefícios ambientais, como a quantidade reduzida de produtos químicos aplicados no solo (GREEN, 2012) e a substituição de herbicidas com características mais desfavoráveis, principalmente quanto aos aspectos toxicológicos e a dinâmica ambiental. Vale ressaltar que essa economia na redução de produtos mostrou-se não ser benéfica nos dias atuais, em todos os sentidos, principalmente devido à problemática da seleção de populações resistentes de plantas daninhas (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015).

Hoje a sociedade é testemunha de que as plantas transgênicas apoiaram o surgimento e desenvolvimento dos produtos e serviços com grande impacto na vida do agricultor e dos consumidores, em praticamente todo o mundo, devido a diversas vantagens por elas proporcionadas (BORÉM; SANTOS, 2008). Antes do surgimento e expansão das culturas transgênicas tolerantes a herbicidas, como é o caso das plantas com a tecnologia Roundup Ready (RR), a maior dificuldade no controle de

plantas daninhas, que competiam com a cultura comercial, estava diretamente relacionada à dificuldade de um único produto realizar o controle eficaz de todas as plantas infestantes e, ao mesmo tempo, ser seletivo à cultura de interesse (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

No caso da cultura do milho, antes da utilização da tecnologia RR, as perdas ocasionadas em função da interferência imposta pelas plantas daninhas eram da ordem de 13%, sendo que em casos nos quais não tinha sido utilizado nenhum método de controle, esta redução poderia chegar a 85% (EMBRAPA, 2012). Assim, uma das primeiras características transgênicas a serem inseridas com êxito, em culturas comerciais, foi a tolerância a herbicidas (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

Analisando a importância significativa desta cultura e da transgenia, salienta-se que na safra 2014/2015, a adoção de biotecnologia para o cereal totalizou 83%, considerando-se a área de milho da primeira e segunda safra e, nesse cenário, 53% das áreas foram cultivadas com híbridos que apresentaram tolerância ao glyphosate, sendo a tolerância a esse herbicida associada em 92% dos casos a eventos diversos que conferem resistência a insetos (CELERES, 2015).

Nas próximas safras, o percentual da área cultivada com milho tolerante a glyphosate e outros herbicidas irá crescer significativamente, devido à maior oferta de híbridos contendo estas tecnologias; à maior quantidade de semente a ser disponibilizada no mercado; e às novas tecnologias oferecidas, que apresentam tolerância a diferentes herbicidas (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015).

De acordo com registros atualizados, no Brasil o milho é a cultura com maior número de eventos transgênicos aprovados pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), com 25 eventos (sejam estes isolados ou combinados). Destes eventos, 19 apresentam algum tipo de tolerância a herbicidas (glyphosate e/ou amônio-glufosinato e um caso com tolerância ao 2,4-D) e 15 contêm a tecnologia RR2 (CIB, 2016). A maioria dos eventos combina mais de uma tecnologia, por exemplo, nove eventos apresentam tolerância aos herbicidas glyphosate e amônio-glufosinato (tecnologia Liberty Link - LL) somadas a diferentes eventos que proporcionam resistência a insetos (CIB, 2016).

É válido ressaltar que híbridos de milho encontrados no mercado com a tecnologia de proteção contra insetos, resultada pela introdução do gene cry 1F, proveniente de um microrganismo que ocorre naturalmente no solo (*Bacillus*

thuringiensis - Bt) apresentam também a tecnologia Liberty Link, que foi introduzida como marcador de seleção durante o processo de desenvolvimento do evento (OLIVEIRA JR., 2011). Dessa forma, muitas vezes a tecnologia LL passa despercebida por estar associada, em várias situações, à resistência a lepidópteros.

Outros eventos transgênicos relacionados à tolerância a herbicidas, além do RR2 e LL, estão sendo desenvolvidos para a cultura do milho e estarão disponíveis em breve para os agricultores. Entre eles destaca-se o sistema Enlist, que trará a tolerância ao glyphosate, juntamente com 2,4-D, amônio-glufosinato e uma parte dos herbicidas inibidores da ACCase (“fops”), pertencentes ao grupo químico ariloxifenoxipropionatos (DOW AGROSCIENCES, 2016). Assim, a combinação de eventos transgênicos resultará na tolerância a quatro diferentes mecanismos de ação, em uma única planta, além de resistência a insetos.

Os benefícios resultantes das tecnologias transgênicas que conferem tolerância a herbicidas, para cultura do milho, são expressivos e a aceitação destas tecnologias pelos produtores rurais é inegável, dando suporte para o rápido crescimento das áreas de milho RR2 e LL. Ao mesmo tempo, por exemplo, existem resultados de pesquisas recentes que indicam que o glyphosate aplicado em pós-emergência, em milho RR2, pode, em algumas situações, causar danos ao desenvolvimento das plantas. Porém, persistem muitas especulações e dúvidas que precisam ser melhores elucidadas, no âmbito científico e técnico.

Em virtude deste fato, faz-se necessária a busca por informações que permitam diagnosticar se existe consequências negativas relacionadas ao uso do glyphosate e de outros herbicidas, aplicados isolados ou associados no milho RR2/LL, e assim fomentar o posicionamento mais seguro e sustentável destas novas tecnologias, proporcionando aos agricultores benefícios relacionados ao manejo adequado de plantas daninhas no agroecossistema, sem prejudicar a cultura de interesse econômico.

O presente trabalho teve como objetivos gerais avaliar os possíveis impactos da aplicação de glyphosate e outros herbicidas, em pós-emergência, na cultura do milho RR2/LL. Como objetivos específicos: avaliar as respostas do milho RR2 submetido à aplicação de diferentes formulações, manejos e doses de glyphosate; avaliar os efeitos da aplicação de herbicidas isolados e associados em milho RR2/LL.

Referências

- 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. p. 25-45.
- 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.
- BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. **Milho**: do plantio a colheita. Viçosa: UFV, 2015. 351p.
- CAJACOB, C.A.; FENG, P.C.; REISER, S.E.; PADGETTE, S.R. Genetically modified herbicide resistant crops. In: KRAMER, W.; SCHIRMER, W. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Weinheim : By Wiley-vch, 2007. p. 283-316.
- CELERES. **Informativo biotecnologia**. 2015. Disponível em: <http://www.celeres.com.br/docs/biotecnologia/IB1501_150611.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Informações gerais**. 2012. Disponível em: <<http://cib.org.br>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- _____. **Eventos aprovados - CTNBio**. 2016. Disponível em: <<http://cib.org.br/biotecnologia/regulamentacao/ctnbio/eventos-aprovados>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. v.3: safra 2015/2016; terceiro levantamento. Brasília, 2015. 147p.
- DOW AGROSCIENCES. **About Enlist™**: advancing herbicide and trait technology. 2016. Disponível em: <<http://www.enlist.com/en/about-enlist>>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- EMBRAPA. **Sistema de produção**: cultivo do milho. 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/index.htm>. Acesso em: 13 maio 2015.
- GREEN, J.M. The benefits of herbicide-resistant crops. **Pest Management Science**, Malden, v. 68, n. 10, p. 1323-1331, 2012.
- JONES, M.A.; SNIPES, C.E. Tolerance of transgenic cotton to topical applications of glyphosate. **The Journal of Cotton Science**, Memphis, v. 3, n. 1, p. 19-26, 1999.
- OLIVEIRA JR., R.S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 7, p. 154–192.

PLINE, W.A.; VIATOR, R.; WILCUT, J.W.; EDMISTEN, K.L.; THOMAS, J.; WELLS, R. Reproductive abnormalities in glyphosate-resistant cotton caused by lower CP4-EPSPS levels in the male reproductive tissue. **Weed Science**, Champaign, v. 50, n. 4, p. 438-447, 2002.

SPENCER, M.; MUMM, R.; GWYN, J. Inventors - DeKalb Genetics Corporation, assignee. 21/03/2000. **Glyphosate resistant maize lines**. U.S.patent 6040497.

2 FORMULAÇÕES, MANEJOS E DOSES DE GLYPHOSATE APLICADOS EM MILHO RR2

Resumo

Uma das primeiras características transgênicas que foram inseridas em culturas comerciais sendo amplamente utilizada, foi a tolerância ao herbicida glyphosate. Esta tecnologia proporcionou aos agricultores expressivos benefícios e facilidades, estando baseada na eficácia do herbicida glyphosate. Devido à grande importância do milho RR2, destaca-se que existem estudos recentes demonstrando que a aplicação de glyphosate pode apresentar efeitos indesejáveis na cultura, porém alguns resultados divergem entre si. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as respostas do milho RR2, submetido à aplicação de diferentes manejos, formulações e doses de glyphosate. Para isso, foram conduzidos experimentos testando dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate (fatorial triplo 2x2x5), em milho de primeira safra (verão) e segunda safra (safrinha), durante uma sequência de dois anos agrícolas (2012/13 e 2013/14), totalizando quatro experimentos de 20 tratamentos cada, que foram realizados em Palotina-PR, além de ser conduzido um experimento complementar, com os mesmos tratamentos, em Marechal Cândido Rondon-PR, na primeira safra de 2012/13. Também foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação (um em Piracicaba-SP e um em Palotina-PR), com os mesmos tratamentos dos experimentos realizados em campo, tendo o propósito de obter informações adicionais que permitissem o melhor entendimento do comportamento do milho RR2 submetido à aplicação dos tratamentos. Foram realizadas análises de diversas variáveis relacionadas ao desempenho agrônomo da cultura (aferições de alturas, diâmetro de colmo, índices de clorofila, massa fresca e seca de parte aérea, massa seca da raiz, produtividade e massa de 100 grãos) e a qualidade dos grãos produzidos (teor de proteínas, teores de macro e micronutrientes). A partir dos resultados alcançados, demonstrou-se que as respostas para as formulações e manejos utilizados foi semelhante, e que altas doses de glyphosate podem causar danos ao desenvolvimento do milho RR2.

Palavras-chave: *Zea mays*; Milho Roundup Ready 2; Herbicida; Inibidores da EPSPs

Abstract

One of the first transgenic characteristics that were inserted in commercial crops, being broadly used, was the tolerance to the glyphosate herbicide. This technology provided to the farmers significant benefits and facilities, being based in the efficiency of glyphosate herbicide. Due to the great importance of RR2 corn, stands out that some recent studies demonstrates that the glyphosate application can present undesirable effects in the crop, however some results differs from each other. In this context, the present work aimed to evaluate the replies of RR2 corn, submitted to the application of different managements, formulations and dosages of glyphosate. To this, were conducted experiments testing two managements, two formulations and five dosages of glyphosate (triple factorial 2x2x5), in corn of first crop (summer) and second crop (winter corn crops), during one sequence of two agricultural years (2012/13 and 2013/14), totalizing four experiments of 20 treatments each, that were performed in Palotina-PR, and it was also conducted one

complementary experiment, with the same treatments, in Marechal Cândido Rondon-PR, in the first crop of 2012/13. It was also conducted two experiments in a greenhouse (one in Piracicaba-SP and one in Palotina-PR), with the same treatments from the experiments performed in the field, with the purpose to reach additional information that allowed a better understanding of the RR2 corn behavior submitted to the treatments application. It was carried out the review of several variables related to the agronomic development of the crop (culture measurements, stem diameter, chlorophyll index, fresh and dry matter of the air part, root dry mass, productivity and weight of 100 grains) and the quality of produced grains (germination test, proteins content, macro content and micronutrients). From the results achieved it was demonstrated that the answers to the formulations or management used was similar, and that high dosages of glyphosate can be harmful to the development of RR2 corn.

Keywords: *Zea mays*; Roundup Ready Corn 2; Herbicide; Inhibitors of EPSPs

2.1 Introdução

O glyphosate foi inventado por um químico suíço em 1950 e depois de passar por várias empresas chegou a Monsanto. Apenas em 1970, em meio a um programa específico para desenvolver um herbicida sistêmico para controle de plantas perenes, é que a função herbicida do glyphosate foi explorada. A partir disto, em 1974, o produto denominado Roundup foi lançado comercialmente, espalhando-se rapidamente pelo mundo (HALTER, 2009).

Com relação às características deste herbicida, destaca-se que o glyphosate é utilizado em aplicação em pós-emergência, pertence ao grupo químico das glicinas substituídas e é classificado como não seletivo (seletivo somente para culturas geneticamente modificadas - RR). O glyphosate apresenta amplo espectro de ação, controlando plantas daninhas anuais e perenes, tanto de folhas largas como estreitas; sua ação é sistêmica, sendo absorvido pelas folhas e tecidos verdes, e redistribuído preferencialmente pelo floema para os tecidos meristemáticos da planta, e age inibindo a atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que é catalisadora de reações de síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano (GALLI; MONTEZUMA, 2005; VICTORIA FILHO, 2008). Como resultado, as proteínas, vitaminas, metabólitos secundários e a fotossíntese da planta são alterados, levando a planta à morte (DUKE et al., 2003).

Produtos que contém o glyphosate em sua formulação são registrados em mais de 130 países, com mais de 150 marcas comercializadas, em que seu controle é eficaz para mais de 300 espécies de plantas daninhas, e são utilizados com

registro em pelo menos 100 culturas, tornando-se de fato uma commodity internacional (VELINI et al., 2012; MONSANTO, 2012).

A grande eficácia do herbicida glyphosate no controle de plantas daninhas, aliada à redução significativa de preço desta molécula, apoiaram a implantação e sucesso do sistema de plantio direto no Brasil (GALLI, 2009). Depois da consolidação do uso do glyphosate, o plantio direto teve expressivo avanço, com crescente expansão no passar dos anos, e outra revolução na agricultura brasileira e mundial, vêm sendo proporcionada por esta molécula, que é a expansão de áreas cultivadas com as culturas RR (GALLI, 2009).

Uma das primeiras características transgênicas a serem inseridas com êxito, em culturas comerciais, foi a tolerância ao glyphosate. Esta tecnologia proporcionou aos agricultores expressivos benefícios e facilidades, estando baseada no herbicida glyphosate, que representa em torno de 12 a 14% do mercado mundial de defensivos agrícolas, e tem participação de aproximadamente 40% no mercado dos herbicidas, com uma produção anual do ácido glyphosate superando um bilhão de quilos, a qual apresentou, recentemente, uma taxa média de crescimento no mercado mundial próxima a 20% por ano (VELINI et al., 2012; MONSANTO, 2011).

A soja é hoje a cultura RR mais difundida no Mundo, sendo que no Brasil representou 93,5% da área semeada na safra 2014/2015 (CELERES, 2015). Assim como a soja, o milho RR2 apresenta grande potencial de aceitação pelos produtores brasileiros nos próximos anos. Essa tecnologia é amplamente utilizada em países como Estados Unidos da América do Norte, Canadá, Argentina, África do Sul, Filipinas, Colômbia, Uruguai, Paraguai, e importada para consumo pela União Européia, Japão, México, Austrália, Nova Zelândia, Rússia, Taiwan, Coreia do Sul, China, Malásia e Singapura (MONSANTO, 2013). O primeiro evento com esta tecnologia aprovado no Brasil foi em 2008, pela CTNBio (CIB, 2016), mas do ponto de vista comercial, áreas significativas foram cultivadas somente em 2012, e sua utilização em grande escala pelos produtores é ainda mais recente.

Diante da grande importância do milho RR2 no cenário nacional e mundial, e utilizando como exemplo a cultura da soja tolerante ao glyphosate, que apresenta maiores relatos de pesquisa a respeito dos efeitos deste produto, destaca-se que alguns resultados na literatura vigente demonstram que à aplicação de glyphosate pode apresentar efeitos indesejáveis ao milho RR2, porém, muitas vezes, os resultados são contraditórios.

Neste sentido, pesquisas que abordam os efeitos do glyphosate sobre o desenvolvimento da soja RR (cultura transgênica mais intensamente estudada em relação à tolerância a herbicidas), demonstram que este produto pode influenciar o balanço nutricional; gerar efeitos fitotóxicos; afetar a fotossíntese, a rizosfera, o acúmulo de biomassa, a qualidade das sementes e grãos produzidos; e, conseqüentemente, o desenvolvimento da cultura (KREMER; MEANS; KIM, 2005; NEUMANN et al., 2006; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007; ZOBIOLE et al., 2010a, 2010b, 2010c; ALBRECHT; ÁVILA, 2010, ALBRECHT et al., 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2014a, 2014b, 2014c; ALONSO et al., 2013). Assim, estes trabalhos podem denotar a possibilidade de comprometimento do desempenho agrônomo das culturas RR, como o milho RR2, submetido à aplicação de glyphosate em pós-emergência.

Em escassos trabalhos encontrados na literatura, que abordam o milho RR2 no Brasil, os autores verificaram possíveis efeitos indesejáveis na cultura após aplicação de glyphosate, como alterações nos teores de nutrientes em folhas (DIAMANTINA DA COSTA et al., 2012; OSÓRIO et al., 2015); efeitos negativos sobre a taxa fotossintética e condutância estomática (GUERRA et al., 2012); danos ao desenvolvimento das raízes (OLIVEIRA NETO et al., 2012), diminuição no acúmulo de biomassa (CARVALHO et al., 2015), e redução na produção de grãos (CORREIA; SANTOS; BALIEIRO, 2012; CORREIA; SANTOS, 2013).

Devido à falta de informações concretas, muitas dúvidas persistem e precisam ser melhores elucidadas, no âmbito científico e técnico, evidenciando a necessidade de um maior número de estudos a serem realizados nesta linha de pesquisa. Resultados divulgados em 2012 indicaram uma tendência de diminuição da clorofila A e B nas folhas de milho RR2, com o aumento das doses de glyphosate (ALBRECHT et al., 2012c), chamando atenção para a condução de trabalhos mais completos e conclusivos. Dados parciais, apresentados em 2014, indicaram tendências de impactos sobre o desempenho da cultura, demonstrando, por exemplo, redução na massa de cem grãos, em função do aumento das doses de glyphosate (ALBRECHT et al., 2014d).

Alguns estudos realizados em outros países relatam diferenças em características entre cultivares não tolerantes e tolerantes ao glyphosate, para o milho RR2 (NOLTE; YOUNG, 2002), e outros estudos relatam a inexistência de diferenças (BECKIE et al., 2006) ou ainda ligeiras diferenças que não são

impactantes (THELEN; PENNER, 2007). Segundo Nolte e Young (2002), a diferença encontrada (o híbrido de milho tolerante ao glyphosate produziu menos do que os demais testados) pode ter ocorrido devido às condições climáticas do ano em estudo. Nos demais estudos, não foram encontradas alterações no crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura.

Segundo Thomas et al. (2004), a aplicação de glyphosate em milho RR2, em estádios fenológicos superiores ao V6, pode afetar a reprodução individual de plantas, pois influencia na quantidade e na qualidade de pólen produzido, assim como por estar relacionado às alterações no tamanho dos vacúolos. Entretanto, este efeito não foi suficiente para prejudicar a polinização e, conseqüentemente, a produtividade da cultura no presente estudo.

Sabe-se que as escolhas em relação às práticas agrícolas utilizadas em um sistema de produção refletem diretamente na rentabilidade econômica da cultura ao produtor rural, e a aplicação de glyphosate no milho RR2 se torna uma prática mais comum a cada safra. Entretanto, na busca em realizar o controle eficaz de plantas daninhas na lavoura, essa prática, em alguns casos, pode ser posicionada erroneamente, prejudicando o desenvolvimento do milho RR2. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar as respostas do milho RR2 submetido à aplicação de formulações, manejos e doses de glyphosate.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Experimentos em campo

O primeiro ensaio foi realizado na primeira safra de milho do ano agrícola 2012/13 (verão), o segundo foi instalado na segunda safra de 2012/13 (safrinha), o terceiro foi referente à primeira safra do ano agrícola 2013/2014, e o quarto representando a segunda safra de 2013/14. Estes experimentos foram realizados na estação experimental pertencente à C.Vale Cooperativa Agroindustrial, localizada no Município de Palotina (Região Oeste do Estado do Paraná). Totalizando quatro experimentos principais, em que dois foram realizados na primeira safra e dois na segunda safra.

Um quinto experimento foi conduzido na primeira safra de 2012/13, no Município de Marechal Cândido Rondon, em uma propriedade agrícola com um

ambiente de produção diferente dos demais, sendo este um experimento complementar aos outros que foram realizados.

Para os cinco experimentos, as parcelas foram compostas por seis linhas de milho (espaçamento de 0,5 m entre linha) e cinco metros de comprimento. A área útil considerada foram as quatro linhas centrais, descartando-se meio metro em cada extremidade da parcela.

O delineamento experimental empregado nos experimentos de campo foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 2x2x5 (manejos x formulações x doses), simplificado na Tabela 1, totalizando-se 20 tratamentos e 80 parcelas.

Tabela 1 - Tratamentos realizados com cada uma das duas formulações de glyphosate. Safras 2012/13 e 2013/14

Doses (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

O Manejo 1 foi composto pela aplicação única de glyphosate (em duas formulações) no estágio V4 (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2001) e, no Manejo 2, foram feitas aplicações sequenciais de glyphosate (em duas formulações), sendo a primeira no estágio V4 e a segunda próxima ao estágio V6 (15 dias após a primeira aplicação). As doses estão expressas (Tabela 1) em gramas de equivalente ácido por hectare (g e.a. ha⁻¹). Quanto às duas formulações de glyphosate utilizadas, uma apresenta em sua composição sal de isopropilamina (Roundup Ready), e a outra apresenta o sal potássico (Zapp QI) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Estas formulações foram escolhidas por serem distintas e por serem as únicas a apresentarem produtos comerciais com registro para aplicação em pós-emergência, na cultura do milho RR2, quando os experimentos foram iniciados.

Para este trabalho, o híbrido simples de milho utilizado foi o 30F53HR (em todos os experimentos, tanto de primeira quanto de segunda safra). Esse híbrido apresenta resistência a lepidópteros, tolerância ao glyphosate (RR2) e ao amônio-glufosinato (LL), porém a tecnologia LL não é explorada comercialmente neste híbrido. Este foi escolhido por ser adequado para a localidade e principalmente por

apresentar áreas cultivadas representativas em toda a região, durante as safras trabalhadas.

A análise química e física do solo foi efetuada antes da instalação dos experimentos (antes do primeiro ano agrícola), na profundidade de 0,0 - 0,20 m. Os resultados para a área experimental da C.Vale estão apresentados na Tabela 2 e os resultados para a área de Marechal Cândido Rondon estão na Tabela 3, sendo o solo dos dois locais classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013).

Tabela 2 - Análise química e física do solo da área experimental da C.Vale Cooperativa Agroindustrial, coletado na profundidade de 0 a 20 cm. Palotina-PR, 2013

P (Mehlich)	K	C	Ca	Mg	H + Al	pH (CaCl ₂)	Al	SB
50,72	0,25	10,05	3,87	0,92	2,36	5,80	0,00	5,04
Zn	Fe	Mn	Cu	V	CTC	Areia	Silte	Argila
4,78	24,46	35,05	1,76	68,11	7,40	15,00	17,00	68,00

Unidades: P, Cu, Zn, Fe, Mn (mg dm⁻³); K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³); C (g dm⁻³); V, areia, silte, argila (%)

Tabela 3 - Análise química e física do solo da área experimental de Marechal Cândido Rondon-PR, coletada na profundidade de 0 a 20 cm. Marechal Cândido Rondon - PR, 2013

P (Mehlich)	K	C	Ca	Mg	H + Al	pH (CaCl ₂)	Al	SB
29,40	1,68	20,25	7,86	2,42	3,97	5,61	0,00	11,96
Zn	Fe	Mn	Cu	V	CTC	Areia	Silte	Argila
7,07	19,93	67,90	16,68	75,08	15,93	17,80	19,25	62,95

Unidades: P, Cu, Zn, Fe, Mn (mg dm⁻³); K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³); C (g dm⁻³); V, areia, silte, argila (%)

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante nas áreas destes ensaios 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). A altitude das áreas é de 329 metros para a área do ensaio realizado em Palotina, na C.Vale (24° 34' 34" S; 53° 85' 95" O) e de 285 metros para a área de Marechal Cândido Rondon (24°41' 52" S; 54° 06' 59" O).

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 e 5.

Figura 1 - Representação da precipitação, temperatura média mínima e temperatura média máxima para o período referente a primeira safra, no Município de Palotina-PR, safra 2012/13
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2015)

Figura 2 - Representação da precipitação, temperatura média mínima e temperatura média máxima para o período referente a segunda safra, no Município de Palotina-PR, safra 2012/13
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2015)

Figura 3 - Representação da precipitação, temperatura média mínima e temperatura média máxima para o período referente a primeira safra, no Município de Palotina-PR, na safra 2013/14
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2015)

Figura 4 - Representação da precipitação, temperatura média mínima e temperatura média máxima para o período referente a segunda safra, no Município de Palotina-PR, safra 2013/14
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2015)

Figura 5 - Representação da precipitação, temperatura média mínima e temperatura média máxima para o período referente a primeira safra, no Município de Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2012/13

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2015)

Para as aplicações dos tratamentos em pós-emergência, foi utilizado um pulverizador costal propelido a CO₂, com pressão constante de 2 Bar, com vazão de 0,65 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, atingiu uma faixa aplicada de 50 cm de largura, propiciando um volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Nos experimentos realizados na estação experimental da C.Vale, na primeira safra de 2012/13 e segunda safra 2012/13, a aplicação única (M1), juntamente com a primeira aplicação do manejo sequencial (M2), foram realizadas respectivamente no dia 30/10/2012 (umidade relativa (UR) = 58%; velocidade do vento (vv) = 3,2 km h⁻¹; temperatura (T) = 27,3°C) e dia 18/02/2013 (UR = 60%; vv = 4,1 km h⁻¹; T = 29,7°C). Já a segunda aplicação para o manejo sequencial, foi realizada, respectivamente, para a primeira e segunda safra de 2012/13, nos dias 14/11/2012 (UR = 56%; vv = 3,9 km h⁻¹; T = 26,9°C) e 05/03/2013 (UR = 65%; vv = 3,5 km h⁻¹; T = 28,2°C).

Ainda para os experimentos realizados na estação experimental da C.Vale, mas agora na primeira safra de 2013/14 e segunda safra 2013/14 a aplicação única

(M1), juntamente com a primeira aplicação do manejo sequencial (M2), foram realizadas respectivamente nos dias 02/11/2013 (umidade relativa (UR) = 62%; velocidade do vento (vv) = 2,9 km h⁻¹; temperatura (T) = 25,8°C) e 21/02/2014 (UR = 54,2%; vv = 4,9 km h⁻¹; T = 30,1°C). Já a segunda aplicação para o manejo sequencial, foi realizada respectivamente, para a primeira e segunda safra de 2012/13, nos dias 17/11/2013 (UR = 57%; vv = 3,6 km h⁻¹; T = 28,7°C) e 08/03/2014 (UR = 55%; vv = 2,1 km h⁻¹; T = 29,5°C).

Na área experimental localizada em Marechal Cândido Rondon-PR, na primeira safra 2012/13, a aplicação única (juntamente com a primeira aplicação do manejo sequencial), e a segunda aplicação do manejo sequencial, foram realizadas respectivamente nos dias 24/10/2012 (UR = 62%; vv = 3,1 km h⁻¹; T = 27,1°C), e 08/11/2012 (UR = 54%; vv = 3,9 km h⁻¹; T = 29,3°C).

As épocas de semeadura e, conseqüentemente, de colheita dos ensaios seguiram o que é praticado na maioria das propriedades agrícolas situadas na Região Oeste do Estado do Paraná. O emprego das práticas de adubação, instalação da cultura e manejos fitossanitários foram utilizadas de acordo com as recomendações da Embrapa (2012). As áreas experimentais foram mantidas livres da presença de plantas daninhas durante todo seu desenvolvimento por meio de capinas manuais.

Foi avaliada a fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), através de avaliações visuais, verificando 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 - SBCPD, 1995).

No estádio R1 (embonecamento), foram realizadas avaliações dos índices de clorofila tipo A, B e clorofila total, utilizando um medidor eletrônico de clorofila (ClorofiLOG). Este equipamento determina o índice de clorofila Falker (ICF), que apresenta alta correlação com análises de laboratório da clorofila dos tipos A e B (FALKER, 2009). Foram realizadas aferições em 10 plantas selecionadas aleatoriamente na área útil da parcela, sempre na folha oposta a espiga.

As variáveis avaliadas, relacionadas ao desempenho agrônomo, foram: estande, diâmetro de colmo, altura da inserção da espiga, índice de prolificidade, primeira altura, segunda altura, produtividade e massa de cem grãos. Dentre estas

avaliações citadas, a primeira altura foi realizada entre os estádios V12 e V13, todas as demais foram feitas logo após a maturidade fisiológica da cultura (R6).

Para as avaliações de diâmetro de colmo (4,0 cm acima do solo), altura da inserção da espiga, índice de prolificidade, primeira altura e segunda altura, foram aferidas 10 plantas aleatoriamente na área útil das parcelas. Destaca-se que para a avaliação da primeira altura, foi medida a distância da superfície do solo até a abertura do cartucho, e para segunda altura, foi considerada a distância da superfície do solo até a inserção do pendão.

Para estimar a produtividade, as espigas da área útil das parcelas foram colhidas manualmente e debulhadas em trilhadeira para experimentos, limpas com o auxílio de peneiras e acondicionadas em sacos de papel.

Em seguida, no laboratório de Sementes da Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Setor Palotina, foi avaliada a massa de 100 grãos, por meio da pesagem de quatro repetições de 100 grãos para cada parcela. Tanto para a produtividade quanto para a massa de 100 grãos a umidade do material colhido foi corrigida para 13%.

Foi efetuada a análise nutricional dos grãos colhidos, que se encontravam devidamente acondicionados, com a quantificação dos teores de macro e micronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Também foi calculado o teor de proteínas nestes grãos a partir dos valores de nitrogênio.

2.2.2 Experimentos em Casa de Vegetação

O primeiro experimento foi realizado em Piracicaba-SP, de janeiro a março de 2014, na casa de vegetação pertencente ao Departamento de Produção Vegetal - USP/ESALQ, com tratamentos (Tabela 1) e híbrido (30F53HR) iguais aos utilizados nos ensaios de campo.

Depois da finalização dos ensaios de campo e após o término deste primeiro experimento em vasos conduzido em Piracicaba-SP, foi, então, realizado novamente o mesmo experimento em casa de vegetação, porém com o híbrido simples 2B810PW, que apresenta resistência a lepidópteros, tolerância ao glyphosate (RR2) e ao amônio-glufosinato (LL), tendo características distintas do híbrido utilizando anteriormente, mas também muito cultivado no Paraná e no Brasil. Este último

experimento foi realizado no Município de Palotina-PR, de janeiro a março de 2015, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas da UFPR - Setor Palotina.

Os experimentos realizados em casa de vegetação apresentaram delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e foram conduzidos até os 28 DAA (próximo ao estágio V10). Os vasos utilizados apresentavam capacidade de sete litros, contendo uma planta em cada vaso. Sendo mantidos em temperatura próxima a 25°C, umidade relativa do ar próxima a 60% e irrigação de 5,0 mm dia⁻¹.

Na Tabela 4, são expostos os resultados da análise do solo utilizado no experimento realizado em Piracicaba-SP (ESALQ), este solo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). Já na Tabela 5, encontram-se os resultados da análise do solo utilizado no experimento conduzido em Palotina-PR (UFPR), que foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013). As duas análises foram realizadas a partir de coletas efetuadas na camada de 0 a 20 cm.

Tabela 4 - Resultado da análise química e física do solo utilizado para realização do experimento em vasos. Piracicaba-SP, 2014

P (Resina)	K	C	Ca	Mg	H + Al	pH (CaCl ₂)	Al	SB
7,0	0,26	10,27	3,90	1,60	2,50	5,3	0,00	5,76
Zn	Fe	Mn	Cu	V	CTC	Areia	Silte	Argila
2,6	33,0	7,3	1,6	70,0	82,8	54,00	6,00	40,00

Unidades: P, Cu, Zn, Fe, Mn (mg dm⁻³); K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³); C (g dm⁻³); V, areia, silte, argila (%)

Tabela 5 - Resultado da análise química e física do solo utilizado para realização do experimento em vasos. Palotina-PR, 2015

P (Mehlich)	K	C	Ca	Mg	H + Al	pH (CaCl ₂)	Al	SB
8,93	0,51	13,65	5,39	0,87	4,28	5,5	0,00	6,77
Zn	Fe	Mn	Cu	V	CTC	Areia	silte	Argila
1,44	19,59	39,12	10,01	61,27	11,05	17,75	16,50	65,75

Unidades: P, Cu, Zn, Fe, Mn (mg dm⁻³); K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³); C (g dm⁻³); V, areia, silte, argila (%)

O emprego das práticas de adubação, instalação da cultura e manejos fitossanitários foram realizados de acordo com as recomendações da Embrapa (2012). Destaca-se que a adubação foi realizada pensando-se na extração da cultura, baseada em uma expectativa de produtividade de 10.000 kg ha⁻¹. Todos os

vasos foram mantidos livres da interferência das plantas daninhas, por meio de controle manual. A aplicação dos tratamentos ocorreu de forma semelhante ao campo, a diferença é que as unidades experimentais eram vasos.

Quanto às avaliações, aos 7, 14, 21 e 28 DAA foram avaliados os índices de clorofila. No experimento realizado na casa de vegetação da ESALQ, foi utilizado o medidor portátil SPAD-502, da empresa Minolta. Este instrumento avalia a intensidade do verde da folha e calcula o índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) que é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha (MARKWELL; OSTERMAN; MITCHELL, 1995). Já no experimento conduzido na UFPR - Setor Palotina, foram aferidos os índices de clorofila Falker (ICF), para a clorofila A, B e total, utilizando novamente o equipamento ClorofiLOG (FALKER, 2009). Independente do equipamento utilizado, a aferição do índice foi sempre realizada na porção média da primeira folha totalmente expandida.

Também aos 7, 14, 21 e 28 DAA, foi avaliada a fitointoxicação através de avaliações visuais, considerando-se sintomas visíveis nas plantas (SBCPD, 1995), e ainda, nestas quatro datas, foi avaliada a altura das plantas e diâmetro do colmo para o experimento realizado na UFPR (no experimento realizado na ESALQ foi avaliado diâmetro de colmo somente aos 28 DAA). A medida de altura foi feita da superfície do solo até a abertura do cartucho e a aferição do diâmetro do colmo foi realizada quatro centímetros acima do solo.

Aos 28 DAA, quando as plantas estavam próximo ao estágio V10, foram então finalizados os experimentos, com a aferição da massa fresca da parte aérea e massa seca da raiz e também da parte aérea. Para secagem, foi utilizada estufa com ventilação forçada por 72 h a 65°C, e, para mensurar as massas, foi utilizada balança analítica com precisão de três casas decimais.

Destaca-se que em todos os experimentos (realizados em campo ou em casa de vegetação) as datas das avaliações (DAA) foram sempre contadas a partir da aplicação do Manejo 1 (aplicação única), que foi realizada juntamente com a primeira aplicação do Manejo 2 (aplicação sequencial).

2.2.3 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 dos manejos e formulações (tratamentos qualitativos), o teste F foi conclusivo na comparação das médias ($P < 0,05$).

Para avaliar as doses (tratamentos quantitativos), foi empregada a análise de regressão ($P < 0,05$), em que para a escolha do melhor modelo de regressão foram seguidos os seguintes critérios de ajuste: explicação biológica, regressão significativa, desvios da regressão não-significativos e coeficiente de determinação.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Experimentos realizados em campo

A região em que esta sequência de experimentos foi conduzida é bem conhecida no Estado do Paraná e no Brasil pelo seu grande potencial produtivo com relação à cultura do milho de primeira safra (verão) e, principalmente, de segunda safra (safrinha), entre outras culturas anuais que apresentam grande importância econômica. A diferença nas características ambientais encontradas entre as duas safras realizadas em um mesmo ano agrícola permitiram uma melhor compreensão dos efeitos dos tratamentos.

No período de segunda safra, normalmente, tem-se maior irregularidade hídrica e temperaturas mais amenas (Figuras 2 e 4). Essa irregularidade hídrica é mais visível na Figura 2 e, com a menor disponibilização de água pela chuva, tem-se reflexo direto no desenvolvimento da cultura, sendo os impactos mais ou menos atenuados, dependendo do estágio fenológico. Baixas temperaturas não são adequadas para o milho, considerando que o ótimo para esta cultura é próximo de 30°C, devido a sua eficiente capacidade fotossintética, e, desta forma, temperaturas sempre amenas não são ideais, diferentemente de temperaturas noturnas, tendendo a uma alta amplitude, que são favoráveis à cultura, pensando-se em diminuir respiração e, assim, perdas de rendimento na fisiologia da produção (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; FORNASIERI FILHO, 2007).

Durante o ciclo do milho de primeira safra, nesses locais não houve alta amplitude de temperatura, com noites amenas, entre outros fatores devido à baixa altitude da região, e, portanto, se isso ocorresse o potencial produtivo na região poderia ser mais alto. Voltando a pensar na segunda safra, nesse período ocorrem

temperaturas próximas da basal (médias mínimas próximas de 10°C), o que é muito limitante para o milho, além do fato que no período de segunda safra, em função de parte do ciclo da cultura estar no outono e inverno, tem-se diminuição das horas de luz e, assim, o período ativo de fotossíntese, o que também é desfavorável para o milho expressar seu potencial produtivo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; FORNASIERI FILHO, 2007).

Mas, de forma geral, para os dois anos agrícolas (2012/2013 e 2013/2014), nos locais onde os experimentos em campo foram conduzidos, as características meteorológicas, considerando o ciclo da cultura, apresentaram-se próximas às médias históricas regionais, tanto para a primeira safra quanto para a segunda safra, demonstrando regularidade hídrica e térmica considerável durante a condução dos experimentos.

2.3.1.1 Experimento primeira safra 2012/13 realizado em Palotina-PR

A partir das avaliações realizadas e com análise estatística dos dados do experimento conduzido em Palotina-PR, na primeira safra de 2012/13, observou-se que nos resultados expostos nas Tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11 houve diferenças estatísticas, para 14 das 21 variáveis, porém mesmo nestas variáveis que apresentaram diferenças não foi notado um padrão definido de comportamento, que permitisse inferir a superioridade de uma formulação ou manejo, quando comparados entre si, dentro de cada dose ($P < 0,05$).

Na Tabela 6, duas das quatro variáveis apresentaram diferenças. Uma delas foi a primeira avaliação de altura das plantas, realizada entre os estádios V12 e V13, em que a altura foi menor para o sal isopropilamina (R) no manejo 1 (M 1), quando comparado ao sal potássico (Z) também no manejo 1 (M 1), para a dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, outra diferença foi entre o manejo 1 e 2, para o sal potássico, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, sendo que o manejo 2 apresentou altura inferior.

Já para a segunda avaliação de altura, feita após a maturidade fisiológica, houve diferença apenas entre o manejo 1 e 2, para o sal potássico, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, sendo que o manejo 2 apresentou valor mais baixo.

Tabela 6 - Primeira avaliação de altura, segunda avaliação de altura, avaliação de altura da inserção da espiga e avaliação de diâmetro de colmo, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
1ª avaliação de altura (cm)					
0	143,40 Aa	140,55 Aa	139,50 Aa	142,20 Aa	141,41
720	143,50 Aa	144,25 Aa	142,50 Aa	143,20 Aa	143,36
1440	141,60 Aa	141,60 Aa	137,10 Aa	142,90 Aa	140,80
2160	134,70 Aa	138,30 Aa	139,45 Aa	140,25 Aa	138,18
2880	130,45 Ba	134,20 Aa	141,75 Aa	132,35 Ab	134,69
Média	138,73	139,78	140,06	140,18	
	139,25		140,12		139,69
CV (%)	4,05				
2ª avaliação de altura (cm)					
0	176,95 Aa	175,10 Aa	177,75 Aa	176,05 Aa	176,46
720	180,50 Aa	176,30 Aa	177,30 Aa	178,40 Aa	178,12
1440	177,45 Aa	174,85 Aa	182,05 Aa	175,50 Ab	177,46
2160	178,30 Aa	178,15 Aa	175,30 Aa	175,40 Aa	176,79
2880	176,90 Aa	179,30 Aa	178,75 Aa	179,95 Aa	178,73
Média	178,02	176,74	178,23	177,06	
	177,38		177,65		177,51
CV (%)	2,28				
Altura de inserção da espiga (cm)*					
0	96,00	98,40	97,60	95,55	96,89
720	97,90	99,20	98,95	97,70	98,44
1440	96,70	98,35	99,35	100,65	98,76
2160	99,40	101,85	101,10	101,30	100,91
2880	96,70	96,30	99,75	99,15	97,98
Média	97,34	98,82	99,35	98,87	
	98,08		99,11		98,59
CV (%)	3,92				
Diâmetro de colmo (mm)*					
0	24,99	24,54	25,47	25,50	25,12
720	25,36	24,69	25,68	25,72	25,36
1440	24,59	25,29	24,92	24,36	24,79
2160	25,65	25,25	25,16	25,28	25,33
2880	25,05	24,66	24,76	24,66	24,91
Média	25,13	24,89	25,20	25,21	
	25,01		25,21		25,11
CV (%)	3,59				

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

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

Na Tabela 7, encontram-se os resultados dos índices de clorofila avaliados no estágio R1 (embonecamento). Observa-se que não houve diferença entre as formulações ou manejos, quando comparados entre si, dentro de cada dose. Estes

valores estão próximos a valores considerados adequados para a cultura, neste estágio, e foi avaliado nas folhas opostas à espiga.

Tabela 7 - Avaliação do índice de Clorofila Falker (ICF), aferindo Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Clorofila A (unidade Falker)*					
0	38,71	39,91	40,24	39,95	39,70
720	39,73	40,14	40,04	39,36	39,82
1440	39,06	39,05	40,29	39,31	39,43
2160	40,21	40,75	40,00	40,17	40,28
2880	39,47	39,06	40,27	39,70	39,62
Média	39,43	39,78	40,17	39,69	
	39,60		39,93		39,77
CV (%)	2,76				
Clorofila B (unidade Falker)*					
0	14,82	15,81	16,24	15,73	15,65
720	15,72	15,69	16,21	16,50	16,03
1440	15,27	14,94	16,45	15,20	15,46
2160	16,06	16,13	16,21	16,52	16,23
2880	16,02	15,78	16,00	15,20	15,75
Média	15,58	15,67	16,22	15,83	
	15,62		16,02		15,82
CV (%)	7,28				
Clorofila Total (unidade Falker)*					
0	53,53	55,72	56,47	55,67	55,35
720	55,45	55,82	56,25	55,85	55,84
1440	54,33	53,99	56,74	54,51	54,89
2160	56,27	56,87	56,21	56,69	56,51
2880	55,49	54,84	56,27	54,90	55,37
Média	55,01	55,45	56,39	55,52	
	55,23		55,96		55,60
CV (%)	3,70				

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

Na Tabela 8, estão representadas as duas variáveis relacionadas aos componentes de produção do milho (produtividade e massa de cem grãos) e também uma variável referente à qualidade dos grãos (teor de proteínas).

Para produtividade, observa-se diferença entre o sal isopropilamina e o sal potássico, dentro do manejo 2, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, em que o sal isopropilamina teve um resultado inferior, nesta mesma dose, na comparação entre manejos dentro do sal isopropilamina, o manejo 2 exibiu valor mais baixo. Comparando formulações dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu menor produtividade.

Para massa de cem grãos, na comparação de formulações, dentro do manejo 1, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o sal isopropilamina apontou menor massa de cem grãos. Na mesma dose, na comparação entre manejos, dentro do sal potássico, o manejo 2 apresentou menor massa de cem grãos. No que diz respeito ao teor de proteínas, observa-se diferença entre formulações dentro do manejo 2, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal potássico teve menor valor. Já entre os manejos, dentro do sal potássico, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹ o manejo 2 exibiu menor valor.

Tabela 8 - Produtividade, massa de 100 grãos e teor de proteínas nos grãos, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Produtividade (Kg ha ⁻¹)					
0	10.689,62 Aa	11.078,33 Aa	10.330,25 Aa	9.340,44 Ba	10.359,66
720	11.389,19 Aa	11.683,35 Aa	11.178,07 Aa	10.388,33 Aa	11.159,74
1440	11.762,88 Aa	10.667,63 Aa	10.335,17 Ba	10.121,24 Aa	10.721,73
2160	11.869,15 Aa	11.015,49 Aa	10.883,43 Aa	11.459,17 Aa	11.306,81
2880	11.236,70 Aa	9.022,78 Bb	11.255,85 Aa	11.591,20 Aa	10.776,62
Média	11.389,50	10.693,52	10.796,55	10.580,07	
	11.041,51		10.688,32		10.864,91
CV (%)	8,60				
Massa cem grãos (g)					
0	38,88 Aa	36,29 Aa	36,88 Aa	37,32 Aa	37,34
720	38,08 Aa	37,72 Aa	38,02 Aa	36,72 Aa	37,63
1440	36,98 Aa	35,56 Aa	37,42 Aa	37,58 Aa	36,89
2160	36,69 Aa	36,64 Aa	38,20 Aa	37,81 Aa	37,33
2880	36,95 Ba	39,09 Aa	41,67 Aa	36,89 Ab	38,63
Média	37,51	37,05	38,44	37,26	
	37,28		37,85		37,57
CV (%)	5,16				
Proteínas (%)					
0	10,02 Aa	10,16 Aa	9,97 Aa	8,90 Bb	9,76
720	9,59 Aa	9,73 Aa	9,55 Aa	9,78 Aa	9,66
1440	9,40 Aa	9,74 Aa	9,44 Aa	8,80 Ba	9,34
2160	9,85 Aa	9,60 Aa	10,63 Aa	9,51 Ab	9,90
2880	10,01 Aa	10,65 Aa	9,98 Aa	10,54 Aa	10,30
Média	9,77	9,98	9,91	9,51	
	9,88		9,71		9,79
CV (%)	6,37				

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

Na Tabela 9, encontram-se os resultados dos teores dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (N, P, K) avaliados nos grãos do milho, colhidos após a maturidade fisiológica. Sobre as diferenças visualizadas para os teores de

nitrogênio, pode-se dizer que são as mesmas destacadas para os teores de proteínas.

Quanto aos teores de fósforo, foi visualizada somente diferença entre as formulações, dentro do manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal potássico apresentou menor teor de P. Já para os teores de potássio, dentro do sal isopropilamina, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, o manejo 2 exibiu teor inferior. Na mesma dose, dentro do manejo 1, o sal potássico apontou menor teor de potássio.

Tabela 9 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)					
0	16,0 Aa	16,3 Aa	15,9 Aa	14,2 Bb	15,6
720	15,3 Aa	15,6 Aa	15,3 Aa	15,7 Aa	15,5
1440	15,0 Aa	15,6 Aa	15,1 Aa	14,1 Ba	15,0
2160	15,8 Aa	15,4 Aa	17,0 Aa	15,2 Ab	15,8
2880	16,0 Aa	17,0 Aa	16,0 Aa	16,9 Aa	16,5
Média	15,6	16,0	15,9	15,2	
	15,8		15,6		15,7
CV (%)	6,37				
Fósforo (g kg ⁻¹)					
0	3,63 Aa	3,37 Aa	3,44 Aa	3,63 Aa	3,52
720	3,02 Aa	3,13 Aa	3,48 Aa	3,92 Aa	3,49
1440	3,24 Aa	3,22 Aa	3,14 Aa	3,51 Aa	3,28
2160	4,36 Aa	3,35 Aa	3,22 Ba	3,54 Aa	3,59
2880	3,11 Aa	3,66 Aa	3,45 Aa	3,45 Aa	3,42
Média	3,47	3,35	3,33	3,61	
	3,41		3,47		3,44
CV (%)	22,09				
Potássio (g kg ⁻¹)					
0	3,98 Aa	3,93 Aa	3,72 Aa	3,49 Aa	3,78
720	3,41 Aa	3,45 Aa	3,81 Aa	4,24 Aa	3,73
1440	3,45 Aa	3,39 Aa	3,95 Aa	3,76 Aa	3,64
2160	4,84 Aa	3,64 Ab	3,27 Ba	3,97 Aa	3,93
2880	3,31 Aa	4,21 Aa	3,50 Aa	4,06 Aa	3,77
Média	3,80	3,72	3,65	3,90	
	3,76		3,78		3,77
CV (%)	21,29				

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

Na Tabela 10, encontram-se os resultados dos teores dos macronutrientes cálcio, magnésio e enxofre (Ca, Mg, S) avaliados nos grãos do milho, colhidos após a maturidade fisiológica. Com relação às diferenças visualizadas para os teores de

cálcio, teve-se apenas uma, que foi o menor teor para o sal potássico, dentro do manejo 2, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹.

Para os teores de magnésio, foi notada diferença entre os manejos, dentro do sal isopropilamina, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, em que o manejo 2 exibiu valor menor de Mg. Também se observa uma diferença entre formulações, na qual o sal potássico teve valor inferior, dentro do manejo 1 na mesma dose de 2160 g e.a. ha⁻¹.

Tabela 10 - Teores de cálcio, magnésio e enxofre nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Cálcio (g kg ⁻¹)					
0	0,58 Aa	0,61 Aa	0,52 Aa	0,52 Aa	0,56
720	0,53 Aa	0,51 Aa	0,53 Aa	0,61 Aa	0,55
1440	0,57 Aa	0,52 Aa	0,52 Aa	0,59 Aa	0,55
2160	0,52 Aa	0,49 Aa	0,52 Aa	0,54 Aa	0,52
2880	0,54 Aa	0,62 Aa	0,52 Aa	0,49 Ba	0,54
Média	0,55	0,55	0,52	0,55	
	0,55		0,54		0,54
CV (%)	14,40				
Magnésio (g kg ⁻¹)					
0	1,26 Aa	1,27 Aa	1,20 Aa	1,16 Aa	1,22
720	1,00 Aa	1,03 Aa	1,20 Aa	1,41 Aa	1,16
1440	1,07 Aa	1,01 Aa	1,21 Aa	1,16 Aa	1,11
2160	1,62 Aa	1,17 Ab	1,00 Ba	1,24 Aa	1,26
2880	1,04 Aa	1,38 Aa	1,12 Aa	1,28 Aa	1,20
Média	1,20	1,17	1,15	1,25	
	1,19		1,20		1,19
CV (%)	23,40				
Enxofre (g kg ⁻¹)*					
0	1,05	0,88	0,87	0,91	0,93
720	0,98	0,91	0,87	1,04	0,95
1440	0,91	0,99	0,94	0,91	0,94
2160	1,02	0,91	0,85	0,96	0,93
2880	0,84	0,97	0,91	1,04	0,94
Média	0,96	0,93	0,89	0,97	
	0,95		0,93		0,94
CV (%)	14,79				

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

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

Na Tabela 11, encontram-se os resultados dos teores dos micronutrientes ferro, manganês, cobre, zinco e boro (Fe, Mn, Cu, Zn e B) avaliados nos grãos de milho, que foram colhidos após a maturidade fisiológica.

Tabela 11 - Teores dos micronutrientes ferro, manganês, cobre, zinco e boro, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Ferro (mg kg ⁻¹)					
0	14,28 Aa	15,79 Aa	15,03 Aa	13,00 Aa	14,52
720	14,12 Aa	14,38 Aa	14,08 Aa	15,98 Aa	14,64
1440	13,43 Aa	15,72 Aa	13,89 Aa	13,09 Aa	14,03
2160	17,00 Aa	13,57 Aa	13,13 Ba	13,57 Aa	14,33
2880	12,17 Ab	16,61 Aa	14,21 Aa	15,15 Aa	14,53
Média	14,20	15,21	14,07	14,16	
	14,71		14,11		14,41
CV (%)	18,48				
Manganês (mg kg ⁻¹)					
0	7,36 Aa	7,05 Aa	7,10 Aa	6,27 Aa	6,94
720	5,97 Aa	5,99 Ba	6,86 Aa	8,27 Aa	6,77
1440	6,71 Aa	6,39 Aa	6,63 Aa	6,44 Aa	6,54
2160	8,67 Aa	6,62 Ab	5,68 Ba	7,05 Aa	7,00
2880	5,83 Ab	7,95 Aa	6,42 Aa	7,07 Aa	6,82
Média	6,91	6,80	6,54	7,02	
	6,85		6,78		6,82
CV (%)	19,91				
Cobre (mg kg ⁻¹)					
0	2,23 Aa	2,05 Aa	1,97 Aa	1,93 Aa	2,05
720	2,05 Aa	1,69 Aa	1,71 Aa	2,59 Aa	2,01
1440	1,97 Aa	1,63 Aa	2,50 Aa	1,83 Aa	1,98
2160	2,84 Aa	2,22 Aa	1,88 Aa	2,36 Aa	2,33
2880	1,70 Ab	2,45 Aa	2,23 Aa	2,27 Aa	2,16
Média	2,16	2,01	2,06	2,19	
	2,08		2,13		2,10
CV (%)	17,58				
Zinco (mg kg ⁻¹)					
0	25,54 Aa	26,26 Aa	26,40 Aa	26,20 Aa	26,10
720	21,06 Aa	21,35 Ba	24,77 Aa	29,44 Aa	24,16
1440	20,50 Aa	22,32 Aa	26,64 Aa	22,59 Aa	23,01
2160	30,79 Aa	25,66 Aa	19,75 Ba	25,69 Aa	25,47
2880	22,04Aa	28,48Aa	22,08 Aa	26,10 Aa	24,68
Média	23,99	24,82	23,93	26,00	
	24,40		24,97		24,68
CV (%)	22,78				
Boro (mg kg ⁻¹)*					
0	2,36	2,71	2,24	2,09	2,35
720	2,03	1,94	2,46	2,19	2,15
1440	2,24	2,58	2,49	2,62	2,48
2160	2,05	2,15	2,37	2,15	2,18
2880	2,12	2,72	2,21	2,30	2,23
Média	2,15	2,33	2,35	2,27	
	2,24		2,31		2,28
CV (%)	19,41				

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

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

Para os teores de ferro, no manejo 1, dentro do sal isopropilamina, teve-se valor menor que no manejo 2, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, e o sal potássico exibiu valor inferior, dentro do manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹. Para manganês, dentro do sal isopropilamina, o manejo 2 obteve menor valor que o manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, na mesma dose o sal potássico teve menor teor, já na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹ o manejo 1 é que exibiu o valor menor do teor de Mn.

Quanto ao cobre, observou-se que o manejo 1 apresentou menor teor de Cu nos grãos, dentro do sal isopropilamina, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹. Por fim, para o zinco, o sal isopropilamina exibiu o menor teor de Zn nos grãos, dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, e o sal potássico apontou menor teor de Zn, dentro do manejo 1 e dose de 2160 g e.a. ha⁻¹.

Estes resultados encontrados nas tabelas demonstraram que, de maneira geral, mesmo alterando a modalidade de aplicação empregada ou a formulação utilizada, o efeito do glyphosate sobre o milho RR2 foi semelhante dentro de cada dose estudada. Mas os desdobramentos das interações permitiram identificar efeitos significativos ($P < 0,05$) por meio da análise de regressão, em que foi possível o ajuste de um modelo linear com efeito decrescente em função do aumento das doses para a primeira avaliação de altura das plantas (Figuras 6).

Figura 6 - Comportamento da primeira avaliação de altura das plantas de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e Manejo 1 (aplicação única) e também na formulação Z (sal potássico) e Manejo 2 (aplicação sequencial). Primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Para o teor de proteínas (Figura 7) e teor de N (Figura 8), foi ajustado um modelo linear com efeito crescente em função do aumento das doses ($P < 0,05$).

Figura 7 - Comportamento do teor de proteínas nos grãos de milho RR2, em função das doses de glyphosate, formulação Z (sal potássico). Primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Figura 8 - Comportamento do teor de nitrogênio nos grãos de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico). Primeira safra 2012/13, Palotina-PR

Neste primeiro experimento, não houve diminuição de produtividade, mas observou-se diminuição da altura com o aumento das doses de glyphosate, na

primeira avaliação realizada, mesmo variando a formulação e o manejo empregado. Esta resposta, visível na Figura 6, demonstra efeito significativo no desdobramento, apresentando o sal isopropilamina em aplicação única (manejo 1), sugerindo que também seguiu comportamento semelhante com a utilização do sal potássico em aplicação sequencial (manejo 2).

A diminuição na primeira avaliação de altura (entre V12 e V13) demonstrou existência de efeitos transientes da aplicação de altas doses do glyphosate. Estes danos provocados pelo glyphosate podem estar associados à presença de ácido aminometilfosfônico (AMPA) na planta (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007), que para a soja RR é um dos principais metabolitos tóxicos do glyphosate. Neste sentido, Zobiole et al. (2010a) avaliaram cultivares de soja RR e encontraram que as mais precoces apresentavam maiores injúrias, isso foi atribuído ao período de desintoxicação do glyphosate ou de seus metabólitos, entre eles o AMPA.

Com relação ao aumento no teor de proteínas (Figura 7) e da mesma forma sobre o aumento no teor de nitrogênio (Figura 8), salienta-se que em plantas que apresentaram um menor crescimento, entre outras explicações, este pode ser ocasionado devido a um efeito de concentração deste nutriente nos grãos (PRADO, 2008) em virtude de um potencial estresse que as altas doses de glyphosate possam ter causado nas plantas. Mas antes de enfatizar tal afirmativa, é importante notar os resultados para os outros experimentos.

2.3.1.2 Experimento segunda safra 2012/13 realizado em Palotina-PR

Com a observação das Tabelas 12, 13, 14, 15, 16 e 17, verificou-se novamente que sete das 21 variáveis não apresentaram diferenças, e as variáveis que apresentaram diferenças não realçaram padrão de resposta que pudesse determinar que uma das formulações ou manejos é mais danoso que outro.

Na Tabela 12, observando-se a primeira avaliação de altura das plantas, denota-se que houve diferença entre formulações, dentro do manejo 2, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal potássico exibiu menor altura. Outra diferença, verificada na mesma dose, foi entre o manejo 1 e 2 para o sal potássico, sendo que o manejo 2 apresentou altura de planta inferior ao manejo 1.

Já para a segunda avaliação de altura, é possível observar a diferença para o resultado referente ao sal potássico, no manejo 2, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹,

sendo menor que no manejo 2 do sal isopropilamina e menor que o manejo 1 do próprio sal potássico, quando se compara na mesma dose. Para avaliação de inserção da espiga, a altura referente ao sal isopropilamina, no manejo 1 e dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, foi menor que a altura obtida para o sal potássico e menor do que o observado no manejo 2 do próprio sal isopropilamina, na mesma dose.

Tabela 12 - Primeira avaliação de altura, segunda avaliação de altura, avaliação de altura da inserção da espiga e avaliação de diâmetro de colmo, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
1ª avaliação de altura (cm)					
0	107,23 Aa	105,90 Aa	107,93 Aa	105,62 Aa	106,67
720	110,02 Aa	106,68 Aa	108,72 Aa	104,27 Aa	107,42
1440	104,86 Aa	106,83 Aa	109,04 Aa	97,26 Bb	104,50
2160	96,75 Aa	105,85 Aa	102,75 Aa	108,77 Aa	103,53
2880	94,17 Aa	96,71 Aa	99,42 Aa	100,88 Aa	97,79
Média	102,61	104,40	105,57	103,36	
	103,50		104,47		103,99
CV (%)	6,45				
2ª avaliação de altura (cm)					
0	185,10 Aa	182,62 Ba	183,30 Aa	187,00 Aa	184,51
720	185,60 Aa	184,12 Aa	182,72 Aa	180,50 Aa	183,24
1440	183,82 Aa	184,00 Aa	184,22 Aa	186,62 Aa	184,67
2160	181,12 Aa	183,32 Aa	184,10 Aa	178,22 Bb	181,69
2880	183,27 Aa	182,27 Aa	185,05 Aa	181,20 Aa	182,95
Média	183,78	183,27	183,88	182,71	
	183,53		183,29		183,41
CV (%)	1,57				
Altura de inserção da espiga (cm)					
0	100,25 Aa	99,15 Aa	99,55 Aa	99,13 Aa	99,52
720	99,13 Aa	101,80 Aa	99,45 Aa	98,53 Aa	99,73
1440	100,23 Aa	99,93 Aa	100,33 Aa	103,68 Aa	101,04
2160	97,25 Bb	102,88 Aa	102,23 Aa	98,40 Aa	100,19
2880	98,98 Aa	97,20 Aa	100,30 Aa	97,80 Aa	98,57
Média	99,17	100,19	100,37	99,51	
	99,68		99,94		99,81
CV (%)	3,39				
Diâmetro de colmo (mm)*					
0	24,42	24,10	24,46	25,09	24,52
720	24,49	24,13	24,54	24,05	24,30
1440	24,19	24,24	24,46	23,85	24,18
2160	24,59	23,73	24,48	24,57	24,34
2880	24,57	24,12	24,87	24,27	24,46
Média	24,45	24,06	24,56	24,37	
	24,26		24,46		24,36
CV (%)	2,81				

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

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

Na Tabela 13, encontram-se os resultados dos índices de clorofila, na qual se observa diferença no índice de clorofila B, em que o sal isopropilamina apresentou menor valor, dentro do manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹. O índice encontrado para o sal potássico, no manejo 2 e dose de 2880 g e.a. ha⁻¹ foi menor que o valor para o sal isopropilamina e também menor que o resultado obtido no manejo 1 do próprio sal potássico, dentro da mesma dose.

Para o índice de clorofila total, dentro do sal isopropilamina, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, o valor para o manejo 1 foi menor do que para o manejo 2. Na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, dentro do manejo 1, o sal isopropilamina exibiu valor menor e, para a dose de 2880 g e.a. ha⁻¹ no sal potássico, o manejo 2 foi inferior ao manejo 1.

Tabela 13 - Avaliação do índice de Clorofila Falker (ICF), aferindo Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Clorofila A (unidade Falker)*					
0	39,84	39,72	40,42	40,13	40,03
720	39,70	40,87	40,06	39,98	40,16
1440	40,22	39,51	39,44	40,19	39,84
2160	40,04	40,63	41,24	40,75	40,66
2880	40,18	39,67	40,87	39,92	40,16
Média	39,99	40,08	40,41	40,20	
	40,04		40,30		40,17
CV (%)	2,19				
Clorofila B (unidade Falker)					
0	14,09 Aa	14,08 Aa	14,76 Aa	14,39 Aa	14,33
720	14,16 Aa	14,96 Aa	14,49 Aa	14,84 Aa	14,62
1440	14,70 Aa	14,18 Aa	14,48 Aa	15,00 Aa	14,59
2160	14,41 Ba	14,79 Aa	16,06 Aa	15,25 Aa	15,13
2880	14,61 Aa	15,08 Aa	15,05 Aa	13,92 Bb	14,67
Média	14,40	14,62	14,97	14,68	
	14,51		14,83		14,67
CV (%)	4,73				
Clorofila Total (unidade Falker)					
0	53,93 Aa	53,81 Aa	55,19 Aa	54,52 Aa	54,36
720	53,87 Ab	55,84 Aa	54,56 Aa	54,83 Aa	54,77
1440	54,92 Aa	53,69 Aa	53,93 Aa	55,20 Aa	54,43
2160	54,45 Ba	55,42 Aa	57,31 Aa	56,00 Aa	55,79
2880	54,79 Aa	54,75 Aa	55,93 Aa	53,85 Ab	54,83
Média	54,39	54,70	55,38	54,88	
	54,54		55,12		54,84
CV (%)	2,51				

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

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

Na Tabela 14, estão representadas as duas variáveis relacionadas aos componentes de produção do milho e uma variável referente à qualidade dos grãos. Para produtividade, teve-se diferença entre o sal isopropilamina e o sal potássico, dentro do manejo 1, em que na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹ o sal isopropilamina apresentou valor inferior e, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico teve resultado menor que o sal isopropilamina, dentro do manejo 2. Na comparação entre manejos, dentro do sal potássico, o manejo 2 exibiu produtividade mais baixa, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹.

Tabela 14 - Produtividade, massa de 100 grãos e teor de proteínas nos grãos, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Produtividade (Kg ha ⁻¹)					
0	5.974,77 Aa	5.193,53 Aa	5.647,31 Aa	5.401,31 Aa	5.554,23
720	6.228,25 Aa	5.347,29 Aa	5.938,20 Aa	4.300,93 Ab	5.453,67
1440	5.492,73 Aa	6.035,44 Aa	5.547,58 Aa	4.714,82 Ba	5.447,64
2160	4.494,58 Ba	5.463,64 Aa	5.873,37 Aa	5.314,04 Aa	5.286,41
2880	5.363,08 Aa	4.206,19 Aa	5.304,90 Aa	5.223,45 Aa	5.024,41
Média	5.510,68	5.249,22	5.662,27	4.990,91	
	5.379,95		5.326,59		5.353,27
CV (%)	16,23				
Massa cem grãos (g)					
0	27,70 Aa	27,06 Aa	27,50 Aa	25,72 Ab	27,00
720	27,69 Aa	27,22 Aa	27,50 Aa	27,59 Aa	27,50
1440	27,05 Aa	27,28 Ba	27,80 Aa	29,18 Aa	27,83
2160	26,79 Aa	26,17 Ba	27,67 Aa	28,27 Aa	27,22
2880	25,80 Ab	27,53 Aa	26,57 Aa	27,57 Aa	26,87
Média	27,01	27,05	27,41	27,67	
	27,03		27,54		27,28
CV (%)	3,99				
Proteínas (%)*					
0	10,40	10,25	10,46	9,81	10,23
720	10,19	10,08	10,87	9,96	10,28
1440	11,11	10,40	10,33	10,90	10,68
2160	10,31	10,75	10,83	10,54	10,61
2880	10,54	10,89	10,39	10,65	10,62
Média	10,51	10,47	10,58	10,37	
	10,49		10,47		10,48
CV (%)	5,92				

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

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

Ainda de acordo com a Tabela 14, a massa de cem grãos, na comparação de formulações, dentro do manejo 2, na dose de 1440 e 2160 g e.a. ha⁻¹ o sal

isopropilamina exibiu menor massa de cem grãos. Na comparação entre manejos, dentro do sal isopropilamina, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o manejo 1 apresentou menor massa.

Na Tabela 15, encontram-se os resultados dos teores dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (N, P, K) avaliados nos grãos do milho.

Tabela 15 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)*					
0	16,6	16,4	16,7	16,1	16,5
720	16,4	16,3	17,3	16,1	16,5
1440	17,7	16,6	16,6	17,4	17,1
2160	16,5	17,2	17,3	17,0	17,0
2880	16,9	17,4	16,7	17,0	17,0
Média	16,8	16,8	17,0	16,7	
	16,8		16,8		16,8
CV (%)	5,24				
Fósforo (g kg ⁻¹)					
0	2,90 Aa	3,43 Aa	3,06 Aa	3,16 Aa	3,14
720	3,06 Aa	3,33 Aa	3,58 Aa	3,26 Aa	3,31
1440	3,87 Aa	3,29 Aa	2,88 Bb	3,92 Aa	3,49
2160	2,87 Ab	3,75 Aa	3,45 Aa	3,30 Aa	3,35
2880	3,73 Aa	3,70 Aa	3,00 Aa	3,01 Aa	3,37
Média	3,28	3,50	3,20	3,34	
	3,39		3,27		3,33
CV (%)	18,68				
Potássio (g kg ⁻¹)					
0	5,02 Aa	5,07 Aa	4,53 Aa	4,68 Aa	4,83
720	4,72 Aa	4,99 Aa	5,25 Aa	4,71 Aa	4,92
1440	5,64 Aa	5,02 Aa	4,16 Bb	5,78 Aa	5,15
2160	4,25 Aa	5,41 Aa	4,99 Aa	4,85 Aa	4,87
2880	5,24 Aa	5,26 Aa	4,54 Aa	4,32 Aa	4,84
Média	4,97	5,15	4,69	4,87	
	5,06		4,78		4,92
CV (%)	17,39				

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

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

Para os teores de fósforo, foi visualizada uma diferença entre as formulações, dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal potássico apresentou menor teor de P e, também, exibiu menor teor de P quando comparado com o manejo 2 do próprio sal potássico. Na comparação de manejos, dentro do sal isopropilamina, na dose 2160 g e.a. ha⁻¹ o manejo 1 apresentou valor inferior. Já

para os teores de potássio, dentro do sal potássico, no manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, teve-se o mesmo efeito visto para os teores de fósforo.

Na Tabela 16, são apresentados os resultados dos teores cálcio, magnésio e enxofre (Ca, Mg, S) avaliados nos grãos. Com relação às diferenças visualizadas para os teores de cálcio, teve-se que no sal potássico, dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹ o teor de Ca foi mais baixo que no sal isopropilamina e também menor que o teor para o próprio sal potássico no manejo 2, na mesma dose. Para os teores de magnésio, foi notado um efeito idêntico ao relatado para o cálcio.

Tabela 16 - Teores de cálcio, magnésio e enxofre nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Cálcio (g kg ⁻¹)					
0	0,56 Aa	0,57 Aa	0,56 Aa	0,63 Aa	0,58
720	0,63 Aa	0,57 Aa	0,62 Aa	0,52 Aa	0,58
1440	0,68 Aa	0,58 Aa	0,53 Bb	0,70 Aa	0,62
2160	0,60 Aa	0,67 Aa	0,64 Aa	0,64 Aa	0,63
2880	0,58 Aa	0,63 Aa	0,59 Aa	0,52 Aa	0,58
Média	0,61	0,60	0,59	0,60	
	0,61		0,59		0,60
CV (%)	14,23				
Magnésio (g kg ⁻¹)					
0	1,44 Aa	1,47 Aa	1,24 Aa	1,31 Aa	1,36
720	1,24 Aa	1,47 Aa	1,41 Aa	1,33 Aa	1,36
1440	1,66 Aa	1,41 Aa	1,19 Bb	1,64 Aa	1,48
2160	1,18 Aa	1,54 Aa	1,42 Aa	1,40 Aa	1,38
2880	1,47 Aa	1,49 Aa	1,26 Aa	1,26 Aa	1,37
Média	1,39	1,48	1,30	1,39	
	1,44		1,35		1,39
CV (%)	20,78				
Enxofre (g kg ⁻¹)*					
0	1,07	1,13	1,06	1,09	1,09
720	1,09	1,15	1,11	1,11	1,11
1440	1,19	1,11	1,12	1,13	1,13
2160	1,17	1,23	1,12	1,10	1,14
2880	1,16	0,19	1,09	1,15	1,16
Média	1,14	1,16	1,10	1,12	
	1,15		1,11		1,13
CV (%)	6,62				

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

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

Na Tabela 17, encontram-se os resultados dos teores dos micronutrientes ferro, manganês, cobre, zinco e boro (Fe, Mn, Cu, Zn e B) avaliados nos grãos do milho, colhidos após a maturidade fisiológica.

Tabela 17 - Teores dos micronutrientes ferro, manganês, cobre, zinco e boro, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra 2012/13, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Ferro (mg kg ⁻¹)					
0	27,92 Ab	34,09 Aa	29,36 Aa	30,38 Aa	30,44
720	29,04 Aa	32,46 Aa	31,76 Aa	29,54 Aa	30,70
1440	34,20 Aa	30,82 Aa	27,89 Bb	33,85 Aa	31,69
2160	29,38 Aa	33,58 Aa	31,17 Aa	30,83 Aa	31,24
2880	34,04 Aa	31,78 Aa	29,25 Aa	28,83 Aa	30,97
Média	30,92	32,55	29,88	30,69	
	31,73		30,29		31,01
CV (%)	12,53				
Manganês (mg kg ⁻¹)					
0	5,38 Aa	6,16 Aa	5,51 Aa	5,76 Aa	5,70
720	5,46 Aa	6,20 Aa	6,18 Aa	5,86 Aa	5,92
1440	6,50 Aa	6,03 Aa	5,32 Bb	6,62 Aa	6,12
2160	5,71 Aa	6,42 Aa	6,35 Aa	5,87 Aa	6,09
2880	6,22 Aa	6,22 Aa	5,42 Aa	5,65 Aa	5,88
Média	5,85	6,20	5,76	5,95	
	6,03		5,85		5,94
CV (%)	11,53				
Cobre (mg kg ⁻¹)*					
0	2,93	3,45	3,25	2,87	3,13
720	3,26	3,20	3,19	3,23	3,22
1440	3,52	3,16	3,06	3,36	3,28
2160	3,12	3,32	3,29	3,33	3,27
2880	3,43	3,29	2,99	2,81	3,12
Média	3,25	3,28	3,16	3,12	
	3,26		3,14		3,20
CV (%)	14,97				
Zinco (mg kg ⁻¹)					
0	19,18 Aa	22,43 Aa	20,03 Aa	20,50 Aa	20,54
720	19,66 Aa	22,08 Aa	23,53 Aa	20,97 Aa	21,56
1440	25,03 Aa	20,76 Aa	18,25 Bb	24,98 Aa	22,26
2160	18,33 Aa	23,90 Aa	21,54 Aa	23,91 Aa	21,92
2880	23,56 Aa	22,81 Aa	18,33 Aa	19,63 Aa	21,09
Média	21,16	22,00	20,34	22,40	
	21,78		21,18		21,47
CV (%)	18,97				
Boro (mg kg ⁻¹)					
0	3,28 Aa	4,18 Aa	3,58 Aa	3,86 Aa	3,73
720	3,44 Ba	3,69 Aa	4,90 Aa	3,99 Aa	4,01
1440	4,45 Aa	3,77 Aa	3,64 Aa	3,69 Aa	3,89
2160	4,77 Aa	4,55 Aa	4,75 Aa	3,99 Aa	4,51
2880	4,23 Aa	4,44 Aa	3,64 Aa	3,94 Aa	4,06
Média	4,03	4,13	4,10	3,89	
	4,08		4,00		4,04
CV (%)	16,04				

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

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

Quanto aos teores de ferro, o sal potássico, no manejo 1 e dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, apresentou menor teor que no sal isopropilamina, dentro do manejo 1, e também inferior ao manejo 2, dentro do próprio sal potássico, na mesma dose. Para manganês, foi repetido o comportamento visto para o ferro, dentro do sal potássico, no manejo 1 e dose de 1440 g e.a. ha⁻¹. Para o zinco a resposta foi idêntica a visualizada para o manganês. Por fim, para o boro, o sal isopropilamina, dentro do manejo 1, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, apresentou menor teor que o sal potássico no manejo 1.

Mesmo com as condições meteorológicas diferentes, o experimento conduzido na segunda safra, de 2012/13, apresentou resultados com tendências de comportamento semelhantes à safra anterior, no mesmo ano agrícola, referente às formulações e manejos aplicados, dentro de cada dose.

Considerando especificamente os efeitos dos aumentos das doses de glyphosate, as respostas foram potencializadas nesta segunda safra, como poderá ser verificado nas figuras encontradas na sequência. Isso pode ser explicado pela somatória do estresse abiótico (período do ano com características ambientais menos favoráveis para cultura) com o estresse xenobiótico, provocado pela aplicação de substâncias químicas (CATANEO et al., 2003), neste caso, ocasionado pelo acréscimo nas doses de glyphosate.

Assim, as injúrias podem ficar mais evidentes com o aumento da dose, pois se as condições ambientais não são as mais favoráveis (comparativamente entre safras), a planta vai ter mais dificuldade no processo de reversão ou recuperação da intoxicação provocada pelas altas doses de glyphosate. Pode-se afirmar, então, que isto é similar ao observado por Zobiole et al. (2010a) em cultivares mais precoces de soja RR, que quando comparadas a cultivares com ciclos mais longos apresentaram maior dificuldade para recuperação dos danos ocasionados pelo glyphosate.

Com a análise de regressão para as doses utilizadas, dentro dos desdobramentos, registraram-se efeitos significativos ($P < 0,05$). Foi alcançado o ajuste de um modelo linear com efeito decrescente, em função do incremento das doses, para a primeira avaliação de altura (Figura 9), produtividade (Figura 10) e massa de 100 grãos (Figura 11). Já para o teor de proteínas (Figura 12), teor de nitrogênio (Figura 13), teor de enxofre (Figura 14) e teor de boro (Figura 15), foi possível ajustar um modelo linear crescente em função do aumento das doses.

Destaca-se que não se prendendo estritamente ao modelo linear, observando as regressões, é possível verificar que em alguns casos, nesta safra e na anterior, a partir da dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, os efeitos das doses do glyphosate tendem a ser mais expressivos.

Figura 9 - Comportamento da primeira avaliação de altura das plantas de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e Manejo 1 (aplicação única) e na formulação Z (sal potássico) e Manejo 1 (aplicação única). Segunda safra de 2012/13, Palotina-PR

Figura 10 - Comportamento da produtividade do milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina). Segunda safra de 2012/13, Palotina-PR

Figura 11 - Comportamento da massa de 100 grãos do milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina) e manejo 1 (aplicação única). Segunda safra de 2012/13, Palotina-PR

Figura 12 - Comportamento do teor de proteínas nos grãos do milho RR2, em função das doses de glyphosate, no manejo 2 (aplicação sequencial). Segunda safra de 2012/2013, Palotina-PR

Figura 13 - Comportamento do teor de nitrogênio nos grãos do milho RR2, em função das doses de glyphosate, no manejo 2 (aplicação sequencial). Segunda safra 2012/13, Palotina-PR

Figura 14 - Comportamento do teor de enxofre nos grãos do milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina). Segunda safra de 2012/13, Palotina-PR

Figura 15 - Comportamento do teor de boro nos grãos do milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo 1 (aplicação única). Segunda safra de 2012/13, Palotina-PR

Neste experimento, constata-se novamente uma diminuição de altura na primeira avaliação realizada, entre os estádios V12 e V13 (Figura 9), demonstrando mais uma vez efeitos da aplicação de altas doses do glyphosate, tendo-se efeito significativo no desdobramento apresentando o sal isopropilamina e o sal potássico em aplicação única. Ressalta-se ainda que o decréscimo de altura foi seguido pela diminuição de produtividade (Figura 10) que por sua vez pode ser diretamente relacionada à massa de cem grãos, que também diminuiu com o acréscimo das doses do herbicida (Figura 11).

Mesmo sabendo-se que a soja RR se encontra em outra realidade, do ponto de vista fisiológico e tecnológico, devido às diferenças desta planta com o milho RR2, respostas encontradas aqui corroboram com resultados de vários trabalhos conduzidos com a soja RR (ZOBIOLE et al., 2010a,b; ALBRECHT; ÁVILA, 2010, ALBRECHT et al., 2011b, 2012^a, 2014a, 2014b, 2014c; ALONSO et al., 2013). Isto demonstra que mesmo a planta sendo tolerante ao glyphosate, este produto pode gerar efeitos fitotóxicos e afetar o crescimento da cultura, acúmulo de biomassa, qualidade dos grãos e, conseqüentemente, comprometer o seu desempenho.

Com relação ao efeito sobre o teor de proteínas (Figura 12) e da mesma forma com o teor de nitrogênio (Figura 13), esses reafirmaram o que havia sido visto

para o experimento anterior. Neste experimento, os teores de boro (Figura 14) e enxofre (Figura 15) também acompanharam a resposta do nitrogênio. Isso pode ser explicado por um possível efeito de concentração dos elementos, em casos nos quais ocorre a redução do crescimento e produtividade e a absorção dos nutrientes não é sessada (PRADO, 2008).

Destaca-se que o enxofre é um dos constituintes dos aminoácidos cistina, metionina e cisteína, os quais são componentes das proteínas, o que representa 90% do enxofre encontrado na planta (BULL, 1993). Nessa linha de pensamento, como tivemos aumento nos teores de proteínas e proteínas com aminoácidos sulfurados, é esperado que ocorresse acréscimo de S nos grãos.

Já o boro tem papel importante na divisão e no alongamento celular, na fertilidade e na germinação do grão de pólen e influencia indiretamente na translocação de açúcares e na síntese de auxinas, sendo um nutriente pouco móvel na planta (FORNASIERI FILHO, 2007). Assim, esse aumento pode também estar relacionado ao nutriente não ter sido destinado a processos biossintéticos, translocação de açúcares ou para o pólen, como ocorreria em situações normais, desta forma foi destinado para os grãos, onde acumulou-se. Nesse sentido, Thomas et al. (2004) relatou que o glyphosate pode diminuir a quantidade e na qualidade de pólen produzido pelo milho RR2.

2.3.1.3 Experimento primeira safra 2013/14 realizado em Palotina-PR

Para este terceiro experimento, com a observação das Tabelas 18, 19, 20, 21, 22 e 23, notou-se que 11 das 21 variáveis apresentaram poucas diferenças entre as formulações ou manejos, dentro de cada dose.

Na Tabela 18, observando a primeira avaliação de altura das plantas, constata-se a diferença entre formulações, dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a., na qual o sal potássico exibiu menor altura. Para a avaliação de altura final, a diferença encontrada foi a mesma visualizada na primeira avaliação de altura.

Tabela 18 - Primeira avaliação de altura, segunda avaliação de altura, avaliação de altura da inserção da espiga e avaliação de diâmetro de colmo, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
1ª avaliação de altura (cm)					
0	140,03 Aa	136,63 Aa	137,22 Aa	140,28 Aa	138,54
720	135,53 Aa	137,56 Aa	131,97 Aa	130,63 Ba	133,92
1440	130,16 Aa	133,78 Aa	133,25 Aa	130,88 Aa	132,02
2160	132,19 Aa	131,72 Aa	135,22 Aa	135,44 Aa	133,64
2880	131,84 Aa	128,97 Aa	133,47 Aa	131,50 Aa	131,45
Média	133,95	133,73	134,23	133,74	
	133,84		133,99		133,91
CV (%)	2,86				
2ª avaliação de altura (cm)					
0	186,09 Aa	183,38 Aa	183,22 Aa	187,00 Aa	184,92
720	182,53 Aa	184,25 Aa	178,22 Aa	177,19 Ba	180,55
1440	176,91 Aa	180,34 Aa	180,00 Aa	176,63 Aa	178,47
2160	179,91 Aa	178,66 Aa	182,07 Aa	182,91 Aa	180,89
2880	178,34 Aa	176,22 Aa	180,85 Aa	178,91 Aa	178,58
Média	180,76	180,57	180,87	180,53	
	180,66		180,70		180,68
CV (%)	2,40				
Altura de inserção da espiga (cm)*					
0	97,00	94,15	95,06	97,66	95,97
720	93,56	96,03	92,19	95,28	94,27
1440	93,31	93,78	94,06	93,81	93,74
2160	94,03	95,84	94,69	95,78	95,09
2880	90,19	90,41	94,53	93,19	92,08
Média	93,62	94,05	94,10	95,15	
	93,83		94,63		94,23
CV (%)	3,32				
Diâmetro de colmo (mm)					
0	24,83 Aa	23,61 Bb	23,80 Ba	24,59 Aa	24,21
720	24,18 Aa	24,24 Aa	24,04 Aa	24,64 Aa	24,27
1440	24,50 Aa	24,17 Aa	23,87 Aa	24,47 Aa	24,25
2160	24,48 Aa	24,37 Aa	24,07 Aa	24,51 Aa	24,36
2880	23,91 Aa	24,27 Aa	24,51 Aa	24,16 Aa	24,31
Média	24,38	24,13	24,06	24,47	
	24,25		24,27		24,26
CV (%)	2,48				

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

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

Na Tabela 19, encontram-se os resultados da avaliação dos índices de clorofila, na qual tem-se a mesma resposta verificada para estas variáveis, no experimento conduzido na primeira safra de 2012/13, em que não se nota diferença

entre as formulações ou manejos, quando comparados entre si, dentro de cada dose ($P < 0,05$).

Tabela 19 - Avaliação do índice de Clorofila Falker (ICF), aferindo Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Clorofila A (unidade Falker)*					
0	41,89	41,46	41,03	42,15	41,63
720	42,07	42,78	42,06	42,68	42,40
1440	42,54	42,69	41,40	41,86	42,12
2160	41,85	42,70	42,19	41,57	42,07
2880	41,25	41,79	42,50	41,85	41,85
Média	41,92	42,28	41,83	42,02	
	42,10		41,92		42,01
CV (%)	2,13				
Clorofila B (unidade Falker)*					
0	15,04	16,18	15,10	15,72	15,51
720	16,52	16,72	15,83	16,06	16,28
1440	16,79	16,67	16,12	15,42	16,25
2160	16,24	17,11	15,68	15,89	16,23
2880	15,40	16,93	16,45	15,89	16,17
Média	16,00	16,72	15,83	15,80	
	16,36		15,81		16,09
CV (%)	7,41				
Clorofila Total (unidade Falker)*					
0	56,93	57,64	56,13	57,87	57,14
720	58,59	59,50	57,89	58,74	58,68
1440	59,33	59,36	57,52	57,28	58,37
2160	58,09	59,81	57,86	57,46	58,30
2880	56,64	58,72	58,95	57,74	58,01
Média	57,91	59,00	57,67	57,81	
	58,46		57,74		58,10
CV (%)	3,31				

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

Na Tabela 20, estão representadas as duas variáveis relacionadas aos componentes de produção do milho e uma variável referente à qualidade dos grãos. Na massa de cem grãos, observa-se diferença entre o sal isopropilamina e o sal potássico, dentro do manejo 1, em que na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹ o sal isopropilamina apresentou massa menor, este também apresentou massa menor dentro do próprio sal isopropilamina, comparativamente com o manejo 2, na mesma dose. Ainda com relação às diferenças entre manejo, dentro do sal potássico, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o manejo 2 obteve menor massa. No teor de proteínas, verificaram-se diferenças somente entre os manejos, dentro do sal potássico, no

qual na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o manejo 2 exibiu teor mais baixo de proteínas nos grãos.

Tabela 20 - Produtividade, massa de 100 grãos e teor de proteínas nos grãos, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Produtividade (Kg ha ⁻¹)*					
0	10.033,67	9.063,75	9.988,12	11.025,17	10.027,68
720	10.272,23	11.518,33	9.127,97	10.121,05	10.259,90
1440	10.441,54	9.492,88	9.282,38	9.757,28	9.743,52
2160	10.738,26	10.556,29	9.241,78	10.264,13	10.200,11
2880	10.418,27	10.246,05	10.189,57	11.611,70	10.616,40
Média	10.380,79	10.175,46	9.565,97	10.555,86	
	10.278,13		10.060,91		10.139,52
CV (%)	13,73				
Massa cem grãos (g)					
0	37,51 Aa	36,74 Aa	36,53 Ab	37,75 Aa	37,13
720	36,45 Aa	37,27 Aa	36,74 Aa	36,94 Aa	36,85
1440	36,06 Bb	37,44 Aa	37,91 Aa	36,68 Ab	37,02
2160	36,77 Aa	37,54 Aa	37,12 Aa	37,06 Aa	37,12
2880	36,41 Aa	36,28 Aa	37,38 Aa	36,82 Aa	36,72
Média	36,64	37,06	37,14	37,05	
	36,85		34,09		36,97
CV (%)	2,07				
Proteínas (%)					
0	9,48 Aa	9,09 Aa	9,30 Aa	9,45 Aa	9,33
720	9,45 Aa	9,23 Aa	9,51 Aa	9,06 Aa	9,32
1440	8,95 Aa	9,39 Aa	9,53 Aa	9,14 Aa	9,25
2160	9,50 Aa	9,67 Aa	9,44 Aa	9,17 Aa	9,44
2880	9,56 Aa	9,04 Aa	9,61 Aa	8,89 Ab	9,28
Média	9,39	9,29	9,48	9,14	
	9,34		9,31		9,33
CV (%)	4,90				

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

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

Na Tabela 21, encontram-se os resultados dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio (N, P, K), avaliados nos grãos do milho. Sobre as diferenças visualizadas nos teores de nitrogênio, estas são as mesmas destacadas anteriormente para os teores de proteínas.

Nos teores de fósforo, foi visualizada diferença entre as formulações dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal isopropilamina apresentou menor teor de P. Este sal também apresentou menor valor, dentro do manejo 2 e na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹.

Tabela 21 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)					
0	15,18 Aa	14,55 Aa	14,88 Aa	15,13 Aa	14,93
720	15,13 Aa	14,78 Aa	15,23 Aa	14,50 Aa	14,91
1440	14,33 Aa	15,03 Aa	15,25 Aa	14,63 Aa	14,81
2160	15,20 Aa	15,48 Aa	15,10 Aa	14,68 Aa	15,11
2880	15,30 Aa	14,48 Aa	15,38 Aa	14,23 Ab	14,84
Média	15,03	14,86	15,17	14,63	
	14,94		14,90		14,92
CV (%)	4,90				
Fósforo (g kg ⁻¹)					
0	4,45 Aa	4,38 Aa	4,18 Aa	4,43 Aa	4,36
720	4,43 Aa	4,30 Aa	4,18 Aa	4,20 Aa	4,28
1440	4,15 Ba	4,40 Aa	4,58 Aa	4,45 Aa	4,39
2160	4,20 Aa	4,35 Aa	4,55 Aa	4,25 Aa	4,34
2880	4,08 Aa	3,92 Ba	4,23 Aa	4,32 Aa	4,14
Média	4,26	4,27	4,34	4,33	
	4,27		4,34		4,30
CV (%)	6,48				
Potássio (g kg ⁻¹)*					
0	5,43	5,38	5,00	5,13	5,23
720	5,13	5,08	5,00	5,15	5,09
1440	5,03	5,43	5,65	5,18	5,32
2160	4,88	5,15	5,35	4,98	5,09
2880	4,68	4,55	5,20	5,23	4,91
Média	5,03	5,12	5,24	5,13	
	5,07		5,19		5,13
CV (%)	9,90				

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

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

Na Tabela 22, encontram-se os resultados dos teores de cálcio, magnésio e enxofre (Ca, Mg, S), avaliados nos grãos do milho. Com relação às diferenças visualizadas para os teores de cálcio, teve-se que no sal potássico, dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹ o teor foi mais baixo que no sal isopropilamina. Na comparação entre manejos, dentro do sal potássico, também na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o manejo 2 exibiu teor mais baixo de Ca nos grãos.

Nos teores de enxofre, observou-se que no sal potássico, dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o teor de S foi mais baixo que no sal isopropilamina. Ainda na comparação entre formulações, agora dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico apresentou teor inferior de S nos grãos de milho.

Tabela 22 - Teores de cálcio, magnésio e enxofre nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Cálcio (g kg ⁻¹)					
0	0,51 Aa	0,51 Aa	0,51 Aa	0,56 Aa	0,52
720	0,56 Aa	0,51 Aa	0,55 Aa	0,47 Aa	0,52
1440	0,61 Ba	0,53 Aa	0,47 Aa	0,63 Ab	0,56
2160	0,54 Aa	0,60 Aa	0,58 Aa	0,57 Aa	0,57
2880	0,52 Aa	0,57 Aa	0,53 Aa	0,47 Aa	0,52
Média	0,55	0,54	0,53	0,54	
	0,55		0,54		0,54
CV (%)	14,14				
Magnésio (g kg ⁻¹)*					
0	1,35	1,45	1,32	1,32	1,36
720	1,37	1,37	1,32	1,35	1,36
1440	1,32	1,40	1,42	1,37	1,38
2160	1,35	1,37	1,45	1,37	1,39
2880	1,25	1,25	1,37	1,32	1,30
Média	1,33	1,37	1,38	1,35	
	1,35		1,36		1,36
CV (%)	9,40				
Enxofre (g kg ⁻¹)					
0	1,02 Aa	0,95 Aa	1,05 Aa	1,00 Aa	1,01
720	1,05 Aa	1,07 Aa	1,00 Aa	0,95 Ba	1,02
1440	0,95 Ba	1,02 Aa	1,07 Aa	1,00 Aa	1,01
2160	1,12 Aa	1,02 Aa	1,05 Aa	1,02 Aa	1,06
2880	1,17 Aa	1,05 Aa	1,05 Aa	1,00 Aa	1,04
Média	1,04	1,02	1,04	1,00	
	1,03		1,02		1,03
CV (%)	7,81				

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

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

Na Tabela 23, encontram-se os resultados dos teores dos micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e B) avaliados nos grãos do milho. Para os teores de ferro, considerando primeiramente as diferenças entre manejos, o manejo 2 teve teor menor que o manejo 1, dentro do sal isopropilamina, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, já dentro do sal potássico, exibiu-se teor de Fe inferior para o manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹. Na comparação entre formulações, o sal potássico apresentou menor teor de Fe em dois momentos, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, dentro do manejo 1 e na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹ dentro do manejo 2.

Tabela 23 - Teores dos micronutrientes ferro, manganês, cobre, zinco e boro, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Ferro (mg kg ⁻¹)					
0	22,80 Aa	22,56 Aa	21,75 Aa	20,45 Aa	21,88
720	23,72 Aa	20,51 Ab	19,08 Ba	17,59 Aa	20,23
1440	21,01 Aa	21,49 Aa	18,51 Aa	18,47 Ba	19,87
2160	21,21 Aa	22,02 Aa	19,73 Ab	24,10 Aa	21,77
2880	22,78 Aa	20,02 Aa	21,58 Aa	22,61 Aa	21,75
Média	22,30	21,32	20,13	20,65	
	21,81		20,39		21,10
CV (%)	10,05				
Manganês (mg kg ⁻¹)					
0	8,67 Aa	8,39 Aa	8,51 Aa	8,61 Aa	8,54
720	7,20 Aa	7,10 Aa	8,08 Aa	7,67 Aa	7,51
1440	8,49 Aa	7,34 Aa	7,79 Aa	8,57 Aa	8,05
2160	9,69 Aa	7,35 Ab	7,50 Ba	8,13 Aa	8,17
2880	8,00 Aa	7,33 Aa	8,34 Aa	8,04 Aa	7,93
Média	8,41	7,50	8,04	8,20	
	7,95		8,12		8,04
CV (%)	13,74				
Cobre (mg kg ⁻¹)*					
0	2,84	2,66	2,47	2,87	2,71
720	2,58	2,69	3,00	2,60	2,72
1440	2,65	3,32	2,75	2,59	2,83
2160	2,94	2,94	2,76	2,66	2,83
2880	2,24	2,22	2,77	2,76	2,65
Média	2,65	2,77	2,75	2,70	
	2,71		2,70		2,72
CV (%)	20,19				
Zinco (mg kg ⁻¹)*					
0	31,69	30,38	30,11	31,39	30,89
720	32,75	31,96	29,78	30,61	31,27
1440	30,65	31,35	32,08	30,86	31,23
2160	31,66	32,49	33,59	30,88	32,15
2880	29,42	28,92	31,05	30,28	29,92
Média	31,23	31,02	31,32	30,80	
	31,13		31,06		31,09
CV (%)	9,67				
Boro (mg kg ⁻¹)*					
0	5,53	6,34	6,05	5,82	5,93
720	5,76	5,84	5,40	5,61	5,65
1440	5,94	5,89	5,89	5,61	5,83
2160	6,05	5,66	5,79	5,40	5,72
2880	5,92	5,38	5,30	5,85	5,61
Média	5,84	5,82	5,69	5,65	
	5,83		5,67		5,75
CV (%)	12,51				

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

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

Ainda com relação à Tabela 23, para manganês, dentro do sal isopropilamina, o manejo 2 obteve menor teor de Mn que o manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹ e entre as formulações, dentro do manejo 1, também na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico demonstrou teor mais baixo de Mn.

Estes resultados expressos nestas tabelas, para a primeira safra de 2013/14, demonstram mais uma vez que mesmo variando a modalidade de aplicação empregada (manejo), ou a formulação utilizada, o efeito do glyphosate sobre o milho RR2 foi semelhante, dentro de cada dose estudada, ficando assim, mais uma vez, o destaque para os efeitos das doses.

Dando sequência à realização da análise de regressão para as doses utilizadas, dentro dos desdobramentos, registraram-se efeitos significativos ($P < 0,05$). Foi ajustado um modelo linear com efeito decrescente, em função do incremento das doses, para a primeira avaliação de altura (Figura 16), avaliação de altura final (Figura 17), altura da inserção da espiga (Figura 18), teor de fósforo (Figura 19) teor de potássio (Figura 20) e teor de magnésio (Figura 21).

Figura 16 - Comportamento da primeira avaliação de altura das plantas de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), no manejo 1 (aplicação única) e manejo 2 (aplicação sequencial). Primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Figura 17 - Comportamento da altura final das plantas de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), no manejo 1 (aplicação única) e manejo 2 (aplicação sequencial). Primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Figura 18 - Comportamento da altura da espiga das plantas de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina) e manejo 1 (aplicação única). Primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Figura 19 - Comportamento do teor de fósforo nos grãos de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina). Primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Figura 20 - Comportamento do teor de potássio nos grãos de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina). Primeira safra de 2013/14, Palotina-PR

Figura 21 - Comportamento do teor de magnésio nos grãos de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamnia) e manejo 2 (aplicação sequencial). Primeira safra de 2013/14, Palotina-PR.

Nesta primeira safra de 2013/14, como nos outros experimentos ocorreu a diminuição de altura na primeira avaliação realizada, de acordo com o aumento das doses (Figura 16). Também foi notada diminuição da altura final (Figura 17), nas duas avaliações, para o sal isopropilamina, nos dois manejos. Já para a altura da inserção da espiga (Figura 18), foi observado o efeito somente para o manejo 1.

Neste experimento, os decréscimos de alturas foram acompanhados pela diminuição dos teores de fósforo (Figura 19), potássio (Figura 20) e magnésio (Figura 21), de acordo com o acréscimo das doses de glyphosate. O experimento demonstrou mais uma vez efeitos negativos da aplicação de altas doses deste herbicida, corroborando parcialmente com resultados encontrados por Zobiolo et al. (2010c) para a cultura da soja RR, no qual se constatou redução de macro e micronutrientes em soja RR tratada com glyphosate, em comparação a sua isolinha não RR.

Com relação a estes macronutrientes que tiveram seus teores diminuídos nos grãos, é importante destacar algumas características de cada um deles. Começando pelo fósforo cuja maior função está relacionada ao armazenamento e transferência de energia na planta na forma de ATP, que é essencial nos processos de fotossíntese, respiração, síntese de aminoácidos, proteínas e lipídeos e a planta de

milho mostra elevada exigência deste nutriente por ocasião da formação e desenvolvimento os grãos, quando além da quantidade de P absorvida do solo, há uma intensa translocação do P para os grãos (FORNASIERI FILHO, 2007).

O potássio favorece a formação de compostos nitrogenados de alto peso molecular, como as proteínas, assim como favorece a síntese, translocação e armazenamento de açúcares (BULL, 1993). Segundo Marcos-Filho (2015), o K é o íon presente em maiores quantidades nas sementes, sendo importante para o metabolismo normal de proteínas e para a atividade enzimática.

Por fim, uma das principais funções do magnésio nas plantas é sua atuação como constituinte da molécula de clorofila, participando ativamente do processo de fotossíntese. O Mg também entra na composição da fitina (sal de cálcio e magnésio do ácido inositol fosfórico), que se acumula nas sementes. O fósforo também é armazenado nas sementes e grãos como sais do ácido fítico, constituindo assim a fitina e essa interação entre os dois nutrientes contribui para a formação de novos tecidos, pois o Mg atua como transportador de fósforo dentro da planta (MARSCHNER, 2012; BULL, 1993).

Não são encontradas, na literatura pertinente, explicações plausíveis para os possíveis efeitos do glyphosate na diminuição dos teores de P, K e Mg nos grãos de milho RR2. O que se pode fazer são conjecturas a respeito destas questões, como, por exemplo, a possibilidade da diminuição do Mg estar relacionada a alguma forma de sequestro ou complexação (ZOBIOLE, et al., 2010a).

Pensando no P e K, o consumo deles na planta poderia estar vinculado a mecanismos de reparo ou desintoxicação que podem ocorrer após o dano causado pelo glyphosate, ou pelos produtos de sua degradação, como o AMPA. No caso do P, que é importante para energia, havendo mais desintoxicação, há mais respiração, pois precisaria de mais energia, assim mais ATP consumido. Já o K é um grande ativador enzimático, sendo importante no metabolismo, assim podendo também estar relacionado e estes mecanismos de reparo ou desintoxicação supramencionados. Mas isso são apenas premissas e necessitam de maiores estudos.

Pesquisas estudaram os efeitos do glyphosate e seus metabólitos na soja RR, e abordaram parcialmente estes mecanismos e processos de reparo ou desintoxicação, e seus efeitos na planta (DUKE, et al., 2003 REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004). Isto pode estar ocorrendo também no milho RR2, resultando em

influências nos teores de nutrientes encontrados nos grãos, e também no desempenho geral da cultura, após ser submetida a altas doses de glyphosate.

Se a absorção e remobilização destes nutrientes fossem afetadas severamente, isso teria refletido em menor produtividade, mas mesmo isso não ocorrendo neste experimento, podem ser possibilidades, pois em outros experimentos a produtividade foi diminuída. O fato é que foi quantificada menor quantidade destes nutrientes nos grãos com o acréscimo das doses de glyphosate, então algum processo impediu que eles pudessem chegar até este dreno ou que fossem remobilizados para este.

2.3.1.4 Experimento segunda safra 2013/14 realizado em Palotina-PR

Neste quarto experimento, com a observação das Tabelas 24, 25, 26, 27, 28 e 29, notou-se que nove das 21 variáveis apresentaram algumas diferenças entre as formulações ou manejos, dentro de cada dose.

Na Tabela 24, na primeira avaliação de altura das plantas, foi observada diferença entre formulações, dentro do manejo 1, em três doses, nas quais o sal isopropilamina exibiu menor altura para 720 e 2160 g e.a. ha⁻¹, e na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico apontou menor altura. Para comparação de manejos, dentro do sal isopropilamina, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹ o manejo 1 teve menor altura. Dentro do sal potássico, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹ o manejo 1 foi menor.

Na avaliação de altura final, dentro do manejo 1, o sal isopropilamina apresentou menor altura, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹. Ainda comparando formulações, agora dentro do manejo 2, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o sal isopropilamina teve menor valor de altura. Confrontando os manejos, dentro do sal isopropilamina, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o manejo 2 teve menor altura.

Para altura da inserção da espiga, os resultados foram semelhantes à altura final, exceto para o valor na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, dentro do sal isopropilamina e manejo 2, que não foi inferior ao manejo 1, dentro da mesma formulação.

Tabela 24 - Primeira avaliação de altura, segunda avaliação de altura, avaliação de altura da inserção da espiga e avaliação de diâmetro de colmo, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
1ª avaliação de altura (cm)					
0	148,95 Ab	158,95 Aa	150,45 Aa	154,70 Aa	153,26
720	147,00 Bb	155,65 Aa	155,50 Aa	156,05 Aa	153,55
1440	152,55 Aa	150,35 Aa	150,35 Aa	153,30 Aa	151,64
2160	148,80 Ba	153,50 Aa	156,90 Aa	158,40 Aa	154,40
2880	154,45 Aa	153,20 Aa	147,05 Bb	155,95 Aa	152,66
Média	150,35	154,33	152,05	155,68	
	152,34		153,87		153,10
CV (%)	3,51				
2ª avaliação de altura (cm)					
0	206,56 Aa	204,59 Aa	198,41 Bb	207,56 Aa	204,28
720	205,50 Aa	207,69 Aa	204,06 Aa	204,03 Aa	205,32
1440	203,25 Aa	200,22 Aa	204,09 Aa	200,75 Aa	202,08
2160	201,87 Ba	204,75 Aa	210,62 Aa	209,69 Aa	206,73
2880	206,87 Aa	199,16 Bb	209,72 Aa	207,46 Aa	205,80
Média	204,81	203,28	205,38	205,90	
	204,05		205,64		204,84
CV (%)	2,45				
Altura de inserção da espiga (cm)					
0	110,66 Aa	111,87 Aa	104,87 Bb	110,47 Aa	109,47
720	109,50 Aa	111,72 Aa	111,65 Aa	109,97 Aa	110,71
1440	106,06 Aa	110,94 Aa	108,94 Aa	106,06 Aa	108,00
2160	105,47 Ba	110,66 Aa	113,72 Aa	112,44 Aa	110,57
2880	110,75 Aa	108,44 Ba	109,97 Aa	114,47 Aa	110,90
Média	108,49	110,73	109,83	110,68	
	109,60		110,26		109,93
CV (%)	3,48				
Diâmetro de colmo (mm)*					
0	21,25	22,14	22,23	22,33	21,99
720	21,55	22,43	22,63	22,49	22,28
1440	22,19	22,34	21,87	21,91	22,07
2160	22,60	22,07	21,90	22,57	22,29
2880	21,95	22,42	21,84	22,01	22,05
Média	21,91	22,28	22,09	22,26	
	22,09		22,18		22,14
CV (%)	2,99				

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

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

Na Tabela 25, encontram-se os resultados dos índices de clorofila, houve apenas uma diferença no índice de clorofila total, no qual o sal potássico apresentou menor valor, dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹. Nos demais

desdobramentos e variáveis constantes nesta tabela não foram observadas outras diferenças.

Tabela 25 - Avaliação do índice de Clorofila Falker (ICF), aferindo Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Clorofila A (unidade Falker)*					
0	40,42	40,16	40,02	39,72	40,08
720	40,42	40,45	39,92	39,73	40,13
1440	41,05	41,06	39,90	40,68	40,67
2160	40,09	40,70	40,46	41,03	40,57
2880	40,21	41,11	40,00	40,07	40,34
Média	40,44	40,69	40,06	40,24	
	40,56		40,15		40,36
CV (%)	2,08				
Clorofila B (unidade Falker)*					
0	15,56	15,03	15,25	14,42	15,06
720	15,37	15,43	15,70	14,39	15,22
1440	16,83	16,65	15,21	15,77	16,11
2160	14,84	15,35	15,26	16,11	15,39
2880	15,28	15,93	14,69	15,54	15,36
Média	15,57	15,68	15,22	15,24	
	15,62		15,23		15,43
CV (%)	8,03				
Clorofila Total (unidade Falker)					
0	55,98 Aa	55,19 Aa	55,27 Aa	54,13 Aa	55,14
720	55,78 Aa	55,88 Aa	55,61 Aa	54,12 Aa	55,35
1440	57,88 Aa	57,71 Aa	55,10 Ba	56,44 Aa	56,78
2160	54,92 Aa	56,04 Aa	55,72 Aa	57,14 Aa	55,95
2880	55,48 Aa	57,04 Aa	54,69 Aa	55,61 Aa	55,70
Média	56,01	56,37	55,28	55,49	
	56,19		55,38		57,78
CV (%)	3,28				

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

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

Na Tabela 26, estão representadas as duas variáveis relacionadas aos componentes de produção do milho e uma variável referente à qualidade do grão. A produtividade teve diferença somente dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, em que o sal isopropilamina demonstrou menor produtividade que o outro sal utilizado.

Tabela 26 - Produtividade, massa de 100 grãos e teor de proteínas nos grãos, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Produtividade (Kg ha ⁻¹)					
0	11.785,10 Aa	11.671,16 Aa	11.788,39 Aa	11.405,64 Aa	11.662,57
720	11.160,95 Aa	11.090,02 Ba	11.324,00 Aa	11.931,07 Aa	11.376,51
1440	11.138,93 Aa	11.230,72 Aa	11.254,52 Aa	11.584,46 Aa	11.302,16
2160	11.644,83 Aa	11.227,38 Aa	11.195,27 Aa	11.254,77 Aa	11.330,56
2880	11.236,73 Aa	11.494,03 Aa	11.234,01 Aa	11.536,42 Aa	11.375,30
Média	11.393,31	11.342,66	11.359,24	11.542,47	
	11.367,99		11.450,86		11.409,42
CV (%)	4,12				
Massa cem grãos (g)*					
0	38,63	37,29	36,88	38,07	37,72
720	37,83	37,72	38,02	36,97	37,63
1440	37,23	37,06	37,92	38,08	37,57
2160	36,93	38,14	38,20	38,31	37,90
2880	36,95	38,78	38,92	37,39	38,01
Média	37,51	37,80	37,99	37,76	
	37,66		37,87		37,77
CV (%)	4,18				
Proteínas (%)*					
0	9,70	9,85	10,19	10,19	9,98
720	9,80	9,30	9,98	9,98	9,77
1440	10,08	10,16	10,00	9,88	10,03
2160	10,05	9,70	9,98	10,03	9,94
2880	10,03	10,09	9,89	9,64	9,91
Média	9,93	9,82	10,01	9,94	
	9,88		9,98		9,92
CV (%)	5,87				

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

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

Na Tabela 27, encontram-se os resultados dos teores de nitrogênio, fosforo e potássio (N, P, K), avaliados nos grãos do milho.

Tabela 27 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)*					
0	15,52	15,77	16,30	16,30	15,97
720	15,67	14,87	15,97	15,97	15,62
1440	16,12	16,25	16,00	15,80	16,04
2160	16,07	15,52	15,97	16,05	15,91
2880	16,05	16,15	15,82	15,42	15,86
Média	15,89	15,71	16,01	15,91	
	15,80		15,96		15,88
CV (%)	5,87				
Fósforo (g kg ⁻¹)*					
0	4,01	4,60	4,50	4,27	4,34
720	4,12	4,17	4,12	4,07	4,12
1440	4,35	4,22	4,17	4,27	4,26
2160	4,10	4,30	4,27	4,45	4,28
2880	4,07	4,25	4,17	4,02	4,13
Média	4,13	4,31	4,25	4,22	
	4,22		4,23		4,23
CV (%)	8,69				
Potássio (g kg ⁻¹)					
0	4,02 Bb	4,50 Aa	4,62 Aa	4,30 Aa	4,36
720	4,12 Aa	4,10 Aa	4,37 Aa	4,25 Aa	4,21
1440	4,17 Aa	4,12 Aa	4,15 Aa	4,07 Aa	4,13
2160	4,45 Aa	4,22 Aa	4,25 Aa	4,40 Aa	4,33
2880	4,42 Aa	4,27 Aa	4,07 Aa	4,17 Aa	4,24
Média	4,24	4,25	4,29	4,24	
	4,24		4,27		4,25
CV (%)	7,49				

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

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

Na Tabela 28, encontram-se os resultados dos teores de cálcio, magnésio e enxofre, avaliados nos grãos do milho. Com relação às diferenças visualizadas para os teores de cálcio, teve-se que no sal isopropilamina, dentro do manejo 2, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o teor de Ca foi mais baixo que no sal potássico e também foi menor que o manejo 1 do próprio sal isopropilamina. Com relação ao manejo 1, na mesma dose citada, o sal potássico exibiu menor teor que o sal isopropilamina e também demonstrou teor mais baixo que o manejo 2 do próprio sal potássico. Na comparação somente entre manejos, dentro do sal potássico, dose de 720 g e.a. ha⁻¹ o manejo 2 exibiu teor mais baixo de Ca nos grãos.

Tabela 28 - Teores de cálcio, magnésio e enxofre nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra de 2013/14, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Cálcio (g kg ⁻¹)					
0	0,49 Aa	0,50 Aa	0,49 Aa	0,55 Aa	0,51
720	0,54 Aa	0,50 Aa	0,55 Aa	0,47 Ab	0,51
1440	0,59 Aa	0,51 Bb	0,46 Bb	0,59 Aa	0,54
2160	0,52 Aa	0,57 Aa	0,53 Aa	0,55 Aa	0,54
2880	0,49 Aa	0,55 Aa	0,50 Aa	0,46 Ba	0,50
Média	0,53	0,53	0,51	0,53	
	0,53		0,52		0,52
CV (%)	10,25				
Magnésio (g kg ⁻¹)*					
0	1,55	1,73	1,75	1,68	1,68
720	1,55	1,58	1,60	1,63	1,59
1440	1,63	1,58	1,58	1,63	1,60
2160	1,58	1,65	1,73	1,70	1,66
2880	1,60	1,70	1,63	1,58	1,63
Média	1,58	1,65	1,66	1,64	
	1,61		1,65		1,63
CV (%)	9,04				
Enxofre (g kg ⁻¹)*					
0	1,23	1,20	1,18	1,20	1,20
720	1,10	1,20	1,13	1,20	1,16
1440	1,13	1,18	1,13	1,23	1,16
2160	1,18	1,15	1,20	1,23	1,19
2880	1,15	1,18	1,23	1,13	1,17
Média	1,16	1,18	1,17	1,20	
	1,17		1,19		1,18
CV (%)	8,95				

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

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

Na Tabela 29, encontram-se os resultados dos teores dos micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e B) avaliados nos grãos do milho. Para o manganês, o sal isopropilamina demonstrou valores menores que o sal potássico em dois momentos, o primeiro momento foi dentro do manejo 2, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹ e o segundo foi dentro do manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹.

Com relação aos teores de cobre, comparando-se formulações, dentro do manejo 1 e dose de 720 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu menor teor, e na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, ainda dentro do manejo 1, o sal isopropilamina apontou menor teor de Cu.

Tabela 29 - Teores dos micronutrientes ferro, manganês, cobre, zinco e boro, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, segunda safra de 2013/2014, Palotina-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Ferro (mg kg ⁻¹)*					
0	26,14	27,05	26,70	26,08	26,49
720	25,90	25,01	26,85	26,21	25,99
1440	24,39	24,30	26,08	25,53	25,07
2160	25,62	26,64	23,77	26,42	25,61
2880	24,16	25,37	23,40	25,03	24,49
Média	25,24	25,67	25,36	25,85	
	25,45		25,61		25,53
CV (%)	12,76				
Manganês (mg kg ⁻¹)					
0	11,63 Aa	12,41 Aa	11,87 Aa	11,61 Aa	11,88
720	12,49 Aa	12,07 Aa	11,75 Aa	11,41 Aa	11,93
1440	11,79 Aa	11,37 Ba	12,52 Aa	12,66 Aa	12,09
2160	11,36 Ba	12,09 Aa	12,71 Aa	12,41 Aa	12,14
2880	11,06 Aa	12,16 Aa	11,92 Aa	11,43 Aa	11,64
Média	11,66	12,02	12,15	11,90	
	11,84		12,03		11,93
CV (%)	7,31				
Cobre (mg kg ⁻¹)					
0	3,16 Aa	3,15 Aa	3,42 Aa	3,85 Aa	3,39
720	3,77 Aa	3,05 Aa	2,57 Ba	3,77 Aa	3,04
1440	3,27 Aa	2,83 Aa	3,78 Aa	3,61 Aa	3,37
2160	2,52 Ba	3,48 Aa	3,94 Aa	3,82 Aa	3,44
2880	3,12 Aa	2,50 Aa	3,24 Aa	3,12 Aa	2,99
Média	3,17	2,99	3,39	3,43	
	3,08		3,41		3,25
CV (%)	22,66				
Zinco (mg kg ⁻¹)*					
0	28,40	32,15	31,75	29,79	30,54
720	29,36	29,57	29,12	29,34	29,32
1440	30,38	28,04	29,11	29,00	29,13
2160	29,64	29,88	30,56	32,29	30,59
2880	29,39	32,07	28,05	28,68	29,55
Média	29,43	30,34	29,72	29,82	
	29,89		29,77		29,83
CV (%)	8,97				
Boro (mg kg ⁻¹)*					
0	9,67	10,51	9,93	9,90	10,00
720	9,70	10,42	9,47	11,89	10,37
1440	9,79	9,63	9,79	10,24	9,74
2160	9,27	9,02	10,84	9,37	9,62
2880	9,99	10,41	8,45	9,47	9,58
Média	9,59	9,99	9,70	10,17	
	9,79		9,93		9,86
CV (%)	18,92				

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

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

Fechando os resultados destes quatro experimentos conduzidos no mesmo local, em uma sequência de safras, a análise de regressão para as doses utilizadas, dentro dos desdobramentos, registrou efeito significativo ($P < 0,05$). Foi ajustado um modelo linear com efeito decrescente, em função do incremento das doses, para a produtividade (Figura 22).

Figura 22 - Comportamento da produtividade do milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico) e manejo 1 (aplicação única). Segunda safra de 2013/14, Palotina-PR

Neste experimento realizado na segunda safra de 2013/14, o único ajuste adequado foi alcançado para a variável produtividade (Figura 22), isso de acordo com os parâmetros adotados para a escolha do melhor modelo de regressão.

Na Figura 22, é notada novamente a diminuição da produtividade, de acordo com o acréscimo das doses de glyphosate, como já havia sido notado no experimento realizado na segunda safra de 2012/13 (Figura 10), porém a diferença é que neste experimento (segunda safra de 2013/14) o ajuste foi evidenciado para o sal potássico e anteriormente ocorreu para o sal isopropilamina.

Com relação a danos na produtividade do milho RR2, após a aplicação de glyphosate, foi encontrado resultado na literatura demonstrando redução na produção de grãos, após utilização de glyphosate em aplicação única, isolado e em alta dose (CORREIA; SANTOS, 2013), corroborando com estes resultados aqui visualizados.

De acordo com os resultados supra expostos foi visualizado as altas doses de glyphosate afetando a produtividade do milho RR2, novamente na segunda safra. Isso contribui para a conjectura de que a interação genótipo versus ambiente influência na expressão destes efeitos e respostas semelhantes a estas foram encontrados para a cultura da soja RR, quando submetida à aplicação de glyphosate em diferentes locais e safras (ALBRECHT, 2014).

2.3.1.5 Experimento primeira safra 2012/13 realizado em Marechal Cândido Rondon-PR, ensaio complementar

Para este quinto experimento realizado em campo, com a observação das Tabelas 30, 31, 32, 33, 34 e 35, notou-se que 18 das 21 variáveis apresentaram diferenças entre as formulações ou manejos, dentro de cada dose.

Cabe somente destacar que este quinto experimento foi conduzido no Município de Marechal Cândido Rondon-PR, em uma propriedade agrícola, expressando um ambiente de produção diferente dos demais. Assim, considerou-se um experimento complementar, no qual foram realizadas as mesmas avaliações efetuadas nos quatro experimentos anteriores.

Na Tabela 30, observando a primeira avaliação de altura das plantas, denota-se que houve diferenças entre formulações, em que dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu menor altura e, dentro do manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, o sal isopropilamina foi menor que os demais. Na confrontação entre manejos, dentro do sal potássico, o manejo 1 apresentou o menor resultado na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, já o manejo 2 exibiu menor altura para as doses de 2160 e 2880 g e.a. ha⁻¹. Na segunda avaliação de altura, as diferenças foram as mesmas vistas para a primeira avaliação.

Para altura da inserção da espiga, o valor referente ao manejo 1, dentro do sal isopropilamina, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, foi menor que o manejo 2 do mesmo sal e menor que o manejo 1 do outro sal e o valor referente ao manejo 2, dentro do sal potássico, também na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, foi menor que o manejo 1 do mesmo sal e menor que o manejo 2 do outro sal. Por fim, para diâmetro de colmo, o valor referente ao sal isopropilamina, no manejo 2 e dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, foi menor que o diâmetro aferido para o sal potássico.

Tabela 30 - Primeira avaliação de altura, segunda avaliação de altura, avaliação de altura da inserção da espiga e avaliação de diâmetro de colmo, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
1ª avaliação de altura (cm)					
0	140,40 Aa	137,30 Aa	138,60 Aa	144,50 Aa	140,20
720	138,05 Aa	139,15 Aa	135,40 Aa	130,80 Ba	135,85
1440	137,40 Aa	139,75 Aa	133,40 Ab	144,25 Aa	138,70
2160	131,10 Ba	134,70 Aa	139,30 Aa	128,85 Ab	133,49
2880	136,35 Aa	131,80 Aa	138,05 Aa	128,80 Ab	133,75
Média	136,66	136,54	136,95	135,44	
	136,60		136,20		136,40
CV (%)	3,81				
2ª avaliação de altura (cm)					
0	193,25 Aa	190,15 Aa	191,40 Aa	197,25 Aa	193,01
720	190,70 Aa	191,95 Aa	188,15 Aa	182,60 Ba	188,35
1440	190,20 Aa	193,15 Aa	186,40 Ab	197,75 Aa	191,88
2160	183,95 Ba	188,50 Aa	192,90 Aa	181,05 Ab	186,60
2880	189,65 Aa	185,25 Aa	191,35 Aa	182,45 Ab	187,18
Média	189,55	189,80	190,04	188,22	
	189,68		189,13		189,40
CV (%)	3,01				
Altura de inserção da espiga (cm)					
0	103,50 Aa	99,90 Aa	101,50 Aa	102,70 Aa	101,90
720	99,85 Aa	103,90 Aa	99,95 Aa	99,35 Aa	100,76
1440	103,75 Aa	101,50 Aa	101,30 Aa	105,95 Aa	103,13
2160	94,60 Bb	103,90 Aa	103,10 Aa	95,50 Bb	99,28
2880	99,09 Aa	98,10 Aa	100,85 Aa	96,45 Aa	99,35
Média	100,74	101,46	101,34	99,99	
	101,10		100,67		100,88
CV (%)	4.51				
Diâmetro de colmo (mm)					
0	23,61 Aa	23,66 Aa	23,20 Aa	24,70 Aa	23,79
720	23,62 Aa	23,56 Aa	23,40 Aa	22,37 Aa	23,24
1440	23,77 Aa	23,19 Aa	24,00 Aa	23,34 Aa	23,57
2160	23,53 Aa	22,20 Ba	23,64 Aa	23,86 Aa	23,30
2880	24,09 Aa	23,58 Aa	24,47 Aa	23,36 Aa	23,87
Média	23,72	23,24	23,74	23,52	
	23,48		23,63		23,55
CV (%)	4.26				

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

Na Tabela 31, encontram-se os resultados dos índices de clorofila. Para o índice de clorofila A, na comparação entre formulações, dentro do manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, o sal isopropilamina apresentou menor valor.

Para clorofila B, na confrontação de formulações, o sal isopropilamina apresentou menor valor, dentro do manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹, já o sal

potássico exibiu menor índice, dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹. Na comparação de manejos, o manejo 1 exibiu menor valor dentro do sal potássico, na dose 1440 g e.a. ha⁻¹. Já na clorofila total, o sal isopropilamina apresentou índice menor, dentro do manejo 1, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹.

Tabela 31 - Avaliação do índice de Clorofila Falker (ICF), aferindo Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2012/2013, Marechal Cândido Rondon-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Clorofila A (unidade Falker)					
0	40,97 Aa	39,53 Ab	40,60 Aa	40,32 Aa	40,35
720	40,93 Aa	41,62 Aa	40,09 Aa	40,62 Aa	40,81
1440	41,38 Aa	41,23 Aa	40,34 Aa	40,08 Aa	40,75
2160	39,87 Ba	41,01 Aa	41,98 Aa	41,34 Aa	41,05
2880	40,61 Aa	40,28 Aa	41,08 Aa	40,15 Aa	40,53
Média	40,75	40,73	40,82	40,50	
	40,74		40,66		40,70
CV (%)	2,33				
Clorofila B (unidade Falker)					
0	13,36 Aa	11,87 Bb	13,30 Aa	13,06 Aa	12,90
720	13,62 Aa	14,23 Aa	12,78 Aa	13,20 Aa	13,46
1440	13,64 Aa	13,60 Aa	12,53 Bb	13,91 Aa	13,42
2160	12,77 Ba	13,21 Aa	14,68 Aa	13,99 Aa	13,66
2880	13,22 Aa	13,39 Aa	13,12 Aa	12,65 Aa	13,09
Média	13,32	13,26	13,28	13,36	
	13,29		13,32		13,30
CV (%)	5,55				
Clorofila Total (unidade Falker)					
0	54,33 Aa	51,40 Ab	53,90 Aa	53,38 Aa	53,25
720	54,55 Aa	55,85 Aa	52,86 Aa	53,81 Aa	54,27
1440	55,02 Aa	54,82 Aa	52,87 Aa	53,99 Aa	54,17
2160	52,64 Ba	54,22 Aa	56,66 Aa	55,32 Aa	54,71
2880	53,83 Aa	53,66 Aa	54,20 Aa	52,80 Aa	54,62
Média	54,07	53,99	54,09	53,86	
	54,03		53,98		54,00
CV (%)	2,81				

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

Na Tabela 32, estão representadas as duas variáveis relacionadas aos componentes de produção do milho e uma variável referente à qualidade do grão. Para produtividade, verifica-se diferenças entre formulações em que dentro do manejo 1, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu menor produtividade, já dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico expôs menor produtividade. Na comparação entre manejos, dentro do sal isopropilamina, na dose

de 2880 g e.a. ha⁻¹, o manejo 2 teve menor resultado de produtividade e, dentro do sal potássico, o manejo 2 teve menores valores nas doses de 720 e 2880 g e.a. ha⁻¹.

Na massa de cem grãos, houve diferenças somente entre manejos, em que dentro do sal isopropilamina, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o manejo 1 exibiu valor menor, e, dentro do sal potássico, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, novamente o manejo 1 foi menor. Na porcentagem de proteínas foi visualizada apenas uma diferença entre formulações, dentro do manejo 1, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal potássico exibiu menor massa de cem grãos.

Tabela 32 - Produtividade, massa de 100 grãos e teor de proteínas nos grãos, do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Produtividade (Kg ha ⁻¹)					
0	10.612,21 Aa	10.927,23 Aa	11.797,09 Aa	10.477,46 Ab	10.953,50
720	10.777,67 Aa	11.609,37 Aa	11.450,55 Aa	9.897,61 Bb	10.933,80
1440	10.826,95 Aa	11.403,04 Aa	10.189,60 Aa	11.198,28 Aa	10.904,47
2160	11.536,46 Aa	10.403,66 Aa	10.704,22 Aa	9.849,59 Aa	10.623,48
2880	11.037,07 Ba	9.031,52 Ab	12.386,64 Aa	9.143,09 Ab	10.399,58
Média	10.958,07	10.674,96	11.305,62	10.113,20	
	10.816,52		10.709,41		10.762,96
CV (%)	8,31				
Massa cem grãos (g)					
0	34,94 Aa	34,87 Aa	35,29 Aa	34,60 Aa	34,93
720	33,83 Aa	33,70 Aa	34,79 Aa	33,30 Aa	33,91
1440	34,04 Aa	35,60 Aa	33,52 Ab	35,46 Aa	34,66
2160	33,95 Aa	33,61 Aa	34,10 Aa	34,09 Aa	33,94
2880	33,78 Ab	35,44 Aa	35,18 Aa	34,30 Aa	34,67
Média	34,11	34,64	34,58	34,35	
	34,38		34,46		34,42
CV (%)	3,28				
Proteínas (%)					
0	8,96 Aa	9,28 Aa	9,48 Aa	9,19 Aa	9,23
720	9,49 Aa	9,55 Aa	9,17 Aa	9,29 Aa	9,37
1440	9,56 Aa	9,68 Aa	9,66 Aa	9,46 Aa	9,59
2160	8,93 Aa	8,78 Aa	8,84 Aa	8,85 Aa	8,85
2880	9,63 Aa	9,19 Aa	8,78 Ba	8,79 Aa	9,10
Média	9,31	9,30	9,19	9,12	
	9,30		9,15		9,23
CV (%)	5,34				

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

Na Tabela 33, encontram-se os resultados dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio (N, P, K), avaliados nos grãos do milho. Sobre a diferença encontrada, esta

foi visualizada só para os teores de nitrogênio, a qual foi idêntica à visualizada para o teor de proteínas.

Tabela 33 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Nitrogênio (g kg ⁻¹)					
0	14,34 Aa	14,85 Aa	15,17 Aa	14,71 Aa	14,77
720	15,18 Aa	15,28 Aa	14,67 Aa	14,87 Aa	14,99
1440	15,30 Aa	15,49 Aa	15,45 Aa	15,14 Aa	15,34
2160	14,28 Aa	14,04 Aa	14,15 Aa	14,15 Aa	14,16
2880	15,40 Aa	14,71 Aa	14,06 Ba	14,07 Aa	14,56
Média	14,90	14,87	14,70	14,59	
	14,89		14,64		14,76
CV (%)	5,34				
Fósforo (g kg ⁻¹)*					
0	3,69	3,54	3,42	3,63	3,57
720	3,42	3,53	3,18	4,08	3,55
1440	3,72	3,60	4,25	3,63	3,80
2160	4,09	3,58	3,39	3,65	3,68
2880	3,73	3,82	3,41	4,02	3,75
Média	3,73	3,61	3,53	3,80	
	3,67		3,67		3,67
CV (%)	17,84				
Potássio (g kg ⁻¹)*					
0	4,05	3,77	3,75	3,95	3,88
720	3,16	3,87	3,37	4,19	3,65
1440	4,18	3,68	3,86	4,26	3,99
2160	4,14	4,08	3,70	3,70	3,90
2880	3,94	3,95	3,72	4,04	3,91
Média	3,89	3,87	3,68	4,03	
	3,88		3,85		3,87
CV (%)	12,05				

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

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

Na Tabela 34, encontram-se os resultados dos teores de cálcio, magnésio e enxofre (Ca, Mg, S), avaliados nos grãos do milho. Com relação às diferenças visualizadas para os teores de cálcio, teve-se que no sal isopropilamina, dentro manejo 1, na dose de 2880 g e.a., os teores de Ca foram mais baixos que no sal potássico e também menores que o manejo 1 do próprio sal isopropilamina. Ainda no sal isopropilamina, agora dentro do manejo 2, na dose de 2160 g e.a. ha⁻¹ o teor de Ca foi inferior. Já dentro do sal potássico, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o teor para o manejo 2 foi menor.

Para os teores de enxofre, o valor encontrado dentro do sal isopropilamina, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, no manejo 2, foi menor que o outro sal, no mesmo manejo, e inferior ao manejo 1 dentro do próprio sal isopropilamina.

Tabela 34 - Teores de cálcio, magnésio e enxofre nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Cálcio (g kg ⁻¹)					
0	0,46 Bb	0,51 Aa	0,56 Aa	0,52 Aa	0,51
720	0,42 Aa	0,53 Aa	0,48 Aa	0,56 Aa	0,49
1440	0,47 Ba	0,51 Aa	0,65 Aa	0,43 Ab	0,51
2160	0,51 Aa	0,48 Ba	0,56 Aa	0,56 Aa	0,53
2880	0,40 Bb	0,60 Aa	0,51 Aa	0,59 Aa	0,52
Média	0,45	0,53	0,55	0,53	
	0,49		0,54		0,52
CV (%)	11,49				
Magnésio (g kg ⁻¹)*					
0	1,22	1,09	1,10	1,18	1,15
720	0,93	1,15	0,99	1,24	1,08
1440	1,29	1,12	1,31	1,31	1,26
2160	1,24	1,18	1,17	1,11	1,17
2880	1,19	1,22	1,13	1,21	1,19
Média	1,18	1,15	1,14	1,21	
	1,16		1,17		1,17
CV (%)	17,06				
Enxofre (g kg ⁻¹)					
0	0,96 Aa	0,90 Aa	0,83 Bb	0,99 Aa	0,92
720	0,97 Aa	0,91 Aa	0,91 Aa	0,83 Aa	0,90
1440	1,02 Aa	0,87 Bb	0,93 Aa	1,05 Aa	0,97
2160	0,90 Aa	0,92 Aa	0,88 Aa	0,86 Aa	0,89
2880	1,02 Aa	0,90 Aa	0,98 Aa	0,94 Aa	0,96
Média	0,97Aa	0,90Aa	0,91Ba	0,93Aa	
	0,94		0,92		0,93
CV (%)	9,75				

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

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

Na Tabela 35, encontram-se os resultados dos teores dos micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e B) avaliados nos grãos do milho. Para o ferro, o teor observado dentro do sal isopropilamina, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, no manejo 2, foi menor que o outro sal, no mesmo manejo, e inferior ao manejo 1 do próprio sal. Nos teores de manganês a única diferença visualizada foi na mesma formulação, dose e manejo que para o ferro, porém só ocorreu diferença entre formulações.

Tabela 35 - Teores dos micronutrientes ferro, manganês, cobre, zinco e boro, nos grãos do milho RR2, submetido à aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate, primeira safra de 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Ferro (mg kg ⁻¹)					
0	14,70 Aa	12,82 Aa	12,39 Aa	14,08 Aa	13,50
720	13,34 Aa	12,87 Aa	13,12 Aa	13,33 Aa	13,17
1440	14,34 Aa	11,03 Bb	14,84 Aa	15,38 Aa	13,90
2160	13,13 Aa	14,10 Aa	12,70 Aa	12,43 Aa	13,09
2880	14,76 Aa	14,13 Aa	13,92 Aa	13,08 Aa	13,97
Média	14,05	12,99	13,39	13,66	
	13,52		13,53		13,52
CV (%)	13,16				
Manganês (mg kg ⁻¹)					
0	5,88 Aa	5,30 Aa	5,14 Aa	5,63 Aa	5,49
720	4,77 Aa	5,17 Aa	5,38 Aa	5,72 Aa	5,26
1440	5,95 Aa	5,12 Ba	5,86 Aa	6,42 Aa	5,84
2160	5,23 Aa	5,55 Aa	5,20 Aa	5,01 Aa	5,25
2880	6,38 Aa	5,94 Aa	5,52 Aa	5,50 Aa	5,84
Média	5,64	5,42	5,42	5,66	
	5,53		5,54		5,54
CV (%)	15,26				
Cobre (mg kg ⁻¹)					
0	2,76 Aa	2,75 Ba	2,98 Ab	3,70 Aa	3,04
720	3,14 Aa	3,55 Aa	3,23 Aa	3,06 Aa	3,24
1440	2,39 Ab	3,37 Aa	2,32 Ab	3,18 Aa	2,82
2160	3,58 Aa	2,98 Aa	3,44 Aa	3,39 Aa	3,35
2880	2,94 Aa	2,89 Aa	3,01 Aa	3,25 Aa	3,02
Média	2,97	3,11	2,99	3,32	
	3,04		3,16		3,09
CV (%)	15,21				
Zinco (mg kg ⁻¹)					
0	29,36 Aa	26,02 Aa	23,68 Ba	25,66 Aa	26,18
720	22,60 Aa	24,52 Aa	22,60 Aa	26,45 Aa	24,87
1440	28,87 Aa	25,32 Ba	29,07 Aa	30,88 Aa	28,54
2160	24,70 Aa	25,59 Aa	25,40 Aa	24,42 Aa	25,03
2880	27,84 Aa	26,60 Aa	29,36 Aa	26,34 Aa	27,54
Média	27,34	25,61	26,02	26,75	
	26,48		26,39		26,43
CV (%)	13,29				
Boro (mg kg ⁻¹)					
0	3,62 Aa	3,51 Ba	3,63 Ab	4,37 Aa	3,78
720	3,62 Aa	3,69 Aa	3,58 Aa	3,58 Aa	3,62
1440	4,35 Aa	4,00 Aa	4,15 Aa	3,67 Aa	4,04
2160	4,12 Aa	2,98 Ab	3,82 Aa	3,15 Aa	3,52
2880	4,49 Aa	3,52 Ab	3,67 Ba	3,19 Aa	3,71
Média	4,04	3,54	3,77	3,59	
	3,79		3,68		3,74
CV (%)	13,10				

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

Ainda com relação à Tabela 35, para o cobre, as diferenças entre manejos, mostraram que dentro do sal isopropilamina, na dose 1440 g e.a. ha⁻¹ o manejo 1 teve menor teor de Cu, já dentro do sal potássico, o manejo 1 teve menor valor para a dose de 1440 g e.a. ha⁻¹.

Para o zinco, comparando as formulações, dentro do manejo 2, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o sal isopropilamina exibiu menor teor de Zn. Finalizando, para os teores de boro, confrontando as formulações temos que, dentro do manejo 1, na dose 2880 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu teor mais baixo. Comparando os manejos, foi notado que dentro do sal isopropilamina, nas doses 2160 e 2880 g e.a. ha⁻¹, o manejo 2 exibiu teores inferiores de S.

Com relação à exposição dos resultados nas tabelas e comparação dos manejos e formulações dentro de cada dose, mais uma vez ficou demonstrando que não se teve um padrão de resposta que permita a afirmação de que uma das formulações ou um dos manejos possam ser mais danosos para a cultura. Portanto, considera-se que as diferenças encontradas não explicitaram um padrão de resposta.

Novamente com a realização da análise de regressão para as doses utilizadas dentro dos desdobramentos, registraram-se efeitos significativos ($P < 0,05$). Foi ajustado um modelo linear com efeito decrescente em função do incremento das doses para a primeira avaliação de altura (Figura 23), avaliação de altura final (Figura 24) e produtividade (Figura 25). Já para o teor de enxofre (Figura 26) e teor de zinco (Figura 27), foi possível ajustar um modelo linear com efeito crescente em função do aumento das doses.

Figura 23 - Comportamento da primeira avaliação de altura das plantas de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina). Primeira safra de 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Figura 24 - Comportamento da avaliação final de altura das plantas de milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina). Primeira safra de 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Figura 25 - Comportamento da produtividade do milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropolimani) e manejo 2 (aplicação sequencial). Primeira safra de 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Figura 26 - Comportamento do teor de enxofre nos grãos do milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico) e manejo 1 (aplicação única). Primeira safra de 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Figura 27 - Comportamento do teor de zinco nos grãos do milho RR2, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico) e manejo 1 (aplicação única). Primeira safra de 2012/13, Marechal Cândido Rondon-PR

Mais uma vez se constatou diminuição das alturas das plantas com os aumentos das doses, assim como já visto nos resultados dos experimentos demonstrados anteriormente, neste caso específico, tanto para a primeira avaliação de altura (Figura 23) quanto para a avaliação final (Figura 24) dentro do sal isopropilamina.

Foi notada a diminuição de produtividade (Figura 25), como também já foi visto nas Figuras 10 e 22. Mas, neste experimento, foi para o sal isopropilamina, no manejo 2, mostrando assim que mesmo variando o sal ou o manejo, pode haver dano à produtividade quando se posicionam altas doses de glyphosate em pós-emergência no milho RR2, principalmente quando essas são superiores a 1440 g e.a. ha⁻¹, como ficou visível observando a Figura 25, sem se prender ao modelo.

Pode-se visualizar também, na Figura 26, aumento do teor de enxofre com o acréscimo das doses, isso para o sal potássico no manejo 1. Esse comportamento já foi visualizado na Figura 14, mas para o sal isopropilamina, conforme já mencionado.

Na Figura 27, nota-se efeito sobre o teor de zinco, também para o sal potássico no manejo 1, como visto há pouco para o nutriente enxofre. Isso não havia sido relatado até o momento nos outros experimentos. Assim, cabe destacar que o

zinco atua em diversos processos fisiológicos nas plantas, dentre os quais se destacam a fotossíntese, a respiração e o controle hormonal (MALAVOLTA, 2006; MASCHNER, 2012). Desta forma, as altas doses de glyphosate exercendo influência sobre algum destes processos poderá também influenciar na concentração deste nutriente nos grãos, ou seu teor pode ser aumentando simplesmente por efeito de concentração, com a diminuição do porte e produtividade das plantas.

Apesar de haver a necessidade do devido cuidado em não comparar os experimentos, pois não foi empregada análise conjunta, mas partindo para uma relação entre os mesmos, ficaram visíveis alguns comportamentos diferenciados neste experimento com relação às respostas encontradas nos experimentos descritos anteriormente, um dos exemplos é o ajuste de regressão para os teores de Zn.

Isto se deve ao fato de que este experimento complementar foi conduzido em um ambiente de produção diferente dos demais, com características edafoclimáticas distintas, o que exerce influência sobre os resultados, como já explicado com relação a algumas diferenças notadas entre a primeira e segunda safra de milho para os experimentos anteriores.

A interação do genótipo com o ambiente pode influenciar significativamente nos efeitos do glyphosate aplicado nas culturas RR, como observado nesta pesquisa e em outros estudos envolvendo, por exemplo, a soja RR submetida à aplicação de glyphosate em diferentes locais e safras, esta respondendo de forma diferenciada, de acordo com as características diferenciais do ambiente ou do cultivar utilizado (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007; ALBRECHT, 2014).

Finalizando esta parte dos experimentos realizados em campo, destaca-se que se realizou a avaliação do índice de prolificidade e também do estande, em todos os experimentos, porém estes resultados não estão representados em tabelas, pois foram aferidos somente para certificação de que não sofreram qualquer tipo de alteração em virtude dos tratamentos aplicados. Para o índice de prolificidade o valor foi muito próximo a um, na média, para todos os experimentos e, para o estande, os valores variaram entre 3,0 e 3,4 plantas por metro.

Também é importante salientar que em todos os experimentos em campo foram efetuadas análises visuais de fitointoxicação (aos 7, 14, 21 e 28 DAA), mas sem incluir notas, pois não foram percebidos sintomas significativos dos tratamentos aplicados, sobre a coloração e desenvolvimento das plantas.

2.3.2 Experimentos realizados em casa de vegetação

Como relatado na metodologia, o primeiro experimento em casa de vegetação foi conduzido em Piracicaba-SP, na ESALQ, em 2014, utilizando o mesmo híbrido simples utilizado em campo (30F53HR). O segundo foi conduzido em Palotina-PR, na UFPR, em 2015, com outro híbrido simples (2B810PW), para assim se ter a resposta dos tratamentos em mais de um genótipo. Nos dois casos, os tratamentos foram idênticos aos dos experimentos de campo.

Estes dois experimentos possibilitaram a aferição de características que não puderam ser mensuradas em campo, como massa fresca e seca de parte aérea, massa seca da raiz, avaliações semanais de altura e índices de clorofila (Falker ou SPAD), e avaliações semanais de diâmetro de colmo (no experimento conduzido na UFPR). Assim, vieram a complementar as informações geradas em campo, produzindo um conjunto de resultados mais sólido, na busca pelos reais efeitos do uso de glyphosate no milho RR2, ampliando, desta forma, o escopo da pesquisa.

2.3.2.1 Experimento em casa de vegetação, realizado em Piracicaba-SP (2014)

Neste primeiro experimento conduzido em casa de vegetação, apresentando os resultados expostos nas Tabelas 36, 37 e 38, notou-se que sete das 13 variáveis analisadas expressaram poucas diferenças entre as formulações ou manejos, dentro de cada dose.

Na Tabela 36, foi visualizada diferença apenas para a avaliação de altura aos 21 dias após a aplicação (DAA), havendo diferenças entre formulações, em que dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a., o sal potássico apresentou menor altura, o qual também apresentou menor altura dentro do manejo 1, na dose de 2880 g e.a.

Na sequência, há a Tabela 37, que considerando a aferição do índice SPAD aos 7 DAA, dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico apresentou menor índice que o outro sal e, dentro do sal potássico, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹ o manejo 1 exibiu índice mais baixo. Para a avaliação aos 14 DAA, teve-se a mesma resposta para a dose de 720 g e.a. ha⁻¹ dentro do manejo 2 e sal potássico.

Para a avaliação aos 21 DAA foram visualizadas três diferenças entre as formulações, uma dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal

isopropilamina teve menor índice. Ainda dentro do manejo 1, agora na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu o menor resultado; já dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico teve novamente o índice mais baixo.

Tabela 36 - Altura das plantas de milho RR2, avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Altura 7 DAA (cm)*					
0	27,75	28,00	29,25	28,00	28,25
720	28,25	28,00	27,75	27,75	27,94
1440	27,50	27,75	27,50	28,75	27,87
2160	28,00	28,25	27,75	29,25	28,31
2880	28,50	28,75	28,00	27,25	28,12
Média	28,00	28,15	28,05	28,20	
	28,07		28,12		28,10
CV (%)	6,50				
Altura 14 DAA (cm)*					
0	34,00	35,25	37,00	34,75	35,25
720	36,00	35,25	34,50	34,50	35,06
1440	34,50	35,37	37,00	35,50	35,59
2160	35,62	35,25	34,75	36,00	35,41
2880	36,00	36,25	34,62	35,50	35,59
Média	35,22	35,47	35,57	35,25	
	35,35		35,41		35,38
CV (%)	7,05				
Altura 21 DAA (cm)					
0	51,00 Aa	50,75 Aa	53,75 Aa	51,25 Aa	51,69
720	54,00 Aa	53,25 Aa	51,25 Aa	50,00 Ba	52,12
1440	50,75 Aa	51,75 Aa	52,50 Aa	53,50 Aa	52,12
2160	51,00 Aa	52,50 Aa	52,25 Aa	52,50 Aa	52,06
2880	52,75 Aa	51,00 Aa	49,00 Ba	51,50 Aa	51,06
Média	51,90	51,85	51,75	51,75	
	51,87		51,75		51,81
CV (%)	4,20				
Altura 28 DAA (cm)*					
0	61,25	62,25	64,75	63,00	62,81
720	69,00	66,50	64,25	63,00	65,69
1440	60,50	61,75	65,00	66,25	63,38
2160	68,00	65,00	67,25	63,50	65,94
2880	66,50	65,50	62,25	64,00	64,56
Média	65,05	64,20	64,70	63,95	
	64,63		64,33		64,48
CV (%)	5,61				

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

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

Tabela 37 - Índice SPAD do milho RR2, avaliado aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
SPAD 7 DAA (unidade Minolta)					
0	40,05 Aa	39,70 Aa	40,22 Aa	41,17 Aa	40,29
720	42,17 Aa	41,92 Aa	40,27 Aa	38,17 Ba	40,64
1440	39,40 Aa	38,57 Aa	41,27 Aa	41,25 Aa	40,12
2160	39,72 Aa	39,95 Aa	40,80 Aa	42,27 Aa	40,69
2880	37,45 Aa	39,65 Aa	36,22 Ab	39,40 Aa	38,18
Média	39,76	39,96	39,76	40,45	
	39,86		40,11		39,98
CV (%)	5,04				
SPAD 14 DAA (unidade Minolta)					
0	34,65 Aa	36,37 Aa	37,15 Aa	36,20 Aa	36,09
720	36,35 Aa	39,05 Aa	36,97 Aa	35,90 Ba	37,07
1440	36,02 Aa	37,02 Aa	37,32 Aa	38,15 Aa	37,13
2160	39,00 Aa	37,30 Aa	38,17 Aa	35,85 Aa	37,58
2880	37,20 Aa	38,17 Aa	36,70 Aa	35,45 Aa	36,88
Média	36,64	37,58	37,26	36,31	
	37,11		36,79		36,95
CV (%)	5,61				
SPAD 21 DAA (unidade Minolta)					
0	39,57 Aa	39,22 Aa	38,07 Aa	40,82 Aa	39,42
720	42,20 Aa	42,10 Aa	39,35 Aa	37,90 Ba	40,39
1440	39,05 Ba	40,45 Aa	42,72 Aa	41,07 Aa	40,82
2160	42,42 Aa	41,52 Aa	42,15 Aa	40,15 Aa	41,56
2880	41,50 Aa	39,67 Aa	38,20 Ba	38,90 Aa	39,57
Média	40,95	40,59	40,10	39,77	
	40,77		39,93		40,35
CV (%)	5,41				
SPAD 28 DAA (unidade Minolta)*					
0	36,75	34,42	39,57	37,50	37,06
720	38,47	40,80	37,97	37,60	38,71
1440	38,05	38,65	36,80	38,42	37,98
2160	36,42	36,32	38,45	37,45	37,16
2880	38,55	36,82	37,15	36,47	37,25
Média	37,65	37,40	37,99	37,49	
	37,53		37,74		37,63
CV (%)	8,43				

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

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

Por acasião da finalização do experimento, foi aferido o diâmetro de colmo das plantas de milho e, na sequência, foi feita a massa fresca e depois seca, conforme dados expostos na Tabela 38.

Tabela 38 - Aferições de diâmetro de colmo, massa fresca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca total, de plantas de milho RR2, aos 28 dias após a aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Diâmetro de Colmo (mm)*					
0	15,75	16,50	17,25	16,00	16,37
720	17,75	16,75	15,50	16,50	16,62
1440	15,00	16,75	17,25	17,00	16,50
2160	17,00	16,00	17,25	16,75	16,75
2880	16,75	16,00	16,25	16,00	16,25
Média	16,45	16,40	16,70	16,45	
	16,42		16,57		16,50
CV (%)	12,08				
Massa Fresca da Parte Aérea (g)					
0	141,77 Aa	139,86 Aa	125,44 Aa	133,37 Aa	135,11
720	146,38 Aa	132,67 Aa	123,31 Ba	111,80 Aa	128,54
1440	130,37 Aa	129,13 Aa	141,16 Aa	113,46 Ab	128,53
2160	141,17 Aa	119,68 Aa	131,24 Aa	126,49 Aa	129,64
2880	136,56 Aa	122,66 Aa	107,72 Ba	111,05 Aa	119,50
Média	139,25	128,80	125,78	119,23	
	134,02		122,50		128,26
CV (%)	11,89				
Massa Seca da Parte Aérea (g)					
0	22,83 Aa	24,91 Aa	24,39 Aa	22,38 Aa	23,63
720	29,88 Aa	24,35 Ab	22,43 Ba	21,28 Aa	24,48
1440	22,80 Ba	25,53 Aa	28,31 Aa	22,06 Ab	24,67
2160	27,27 Aa	22,51 Aa	25,60 Aa	23,40 Aa	24,69
2880	25,87 Aa	24,86 Aa	19,68 Ba	20,53 Aa	22,73
Média	25,73	24,43	24,08	21,93	
	25,08		23,00		24,04
CV (%)	15,92				
Massa Seca da Raiz (g)					
0	10,00	10,43	10,76	10,58	10,44
720	10,84	10,82	12,51	11,91	11,52
1440	9,48	10,39	11,49	12,00	10,84
2160	10,49	10,04	9,23	10,75	10,13
2880	9,80	11,05	10,28	11,24	10,59
Média	10,12	10,55	10,85	11,30	
	10,33		11,07		10,70
CV (%)	18,73				
Massa Seca Total (g)					
0	32,83 Aa	35,35 Aa	35,15 Aa	32,96 Aa	34,07
720	40,72 Aa	35,18 Aa	34,95 Aa	33,19 Aa	36,01
1440	32,28 Ba	35,92 Aa	39,79 Aa	34,06 Aa	35,51
2160	37,76 Aa	32,55 Aa	34,83 Aa	34,15 Aa	34,82
2880	35,67 Aa	35,91 Aa	29,95 Aa	31,76 Aa	33,32
Média	35,85	34,98	34,94	33,22	
	35,41		34,08		34,75
CV (%)	11,85				

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

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

Para a massa fresca da parte aérea foi visualizada diferença entre formulações, dentro do manejo 1, em que nas doses de 720 e 2880 g e.a. ha⁻¹ o sal potássico apresentou valores de massa menores e, também, teve diferença entre manejos, dentro do sal potássico, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, sendo a massa para o manejo 2 inferior.

Já para a massa seca da parte aérea, houveram as mesmas duas diferenças entre formulações, conforme citado para a massa fresca e, ainda, foi notada uma terceira diferença, dentro do manejo 1, mas na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, em que o sal isopropilamina apresentou menor massa. Entre os manejos, também se repetiu a diferença exposta anteriormente e teve-se mais uma diferença, dentro do sal isopropilamina, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹ na qual o manejo 2 obteve menor massa. Para a massa seca total, foi observada diferença somente dentro do manejo 1, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal isopropilamina exibiu valor menor.

Com relação à análise de regressão para as doses utilizadas, dentro dos desdobramentos, registrou-se efeito significativo ($P < 0,05$), com ajuste de um modelo linear com efeito decrescente, em função do incremento das doses, para altura das plantas avaliada 21 DAA (Figura 28) e massa fresca das plantas avaliada ao final do experimento (Figura 29).

Figura 28 - Comportamento da altura das plantas de milho RR2, avaliada 21 dias após a aplicação das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico), e manejo 1 (aplicação única). Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Figura 29 - Comportamento da massa fresca das plantas e milho RR2, avaliada 28 dias após a aplicação das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo 2 (aplicação sequencial). Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Como já havia sido demonstrado nos experimentos de campo, novamente observa-se a diminuição da altura das plantas, com o aumento das doses de glyphosate, neste caso para o sal potássico em aplicação única (Figura 28). Também foi visualizado decréscimo para a massa fresca das plantas, com a elevação das doses, dentro do sal isopropilamina e aplicação sequencial (Figura 29), demonstrando, assim, influência sobre o acúmulo de biomassa.

Estes resultados destacam mais uma vez os danos potenciais resultantes da aplicação de altas doses de glyphosate, mesmo variando a formulação e o manejo utilizado, conforme demonstraram as duas figuras e tabelas para este experimento.

Com relação à diminuição de altura e massa fresca das plantas, com acréscimo das doses de glyphosate, destaca-se que estes dados corroboram com resultados encontrados para a soja RR e, mesmo sendo plantas com características distintas, pode-se fazer algumas analogias, em que é importante salientar que alterações na fisiologia da planta, como na fotossíntese e outros processos biossintéticos que levam ao acúmulo de biomassa, podem ser decorrentes do uso do glyphosate (ZOBIOLE et al., 2010a, 2010b, 2010c). Este fato foi enfatizado em resultados de Zobirole et al. (2010b), no qual 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.

Em trabalho mais recente, realizado com milho RR2, sem avaliar massa fresca das plantas, porém avaliando massa seca, notou-se que quando aumentavam-se as doses de glyphosate acima de 720 g e.a. ha⁻¹, sem a adição de fertilizante foliar, tinha-se diminuição da massa seca das folhas, massa seca do colmo e massa seca total da parte aérea das plantas (CARVALHO et al., 2015).

2.3.2.2 Experimento em casa de vegetação, realizado em Palotina-PR (2015)

Neste segundo experimento conduzido em casa de vegetação, apresentando os resultados expostos nas Tabelas 39, 40, 41, 42, 43 e 44, notou-se que 10 das 24 variáveis analisadas expressaram diferenças entre as formulações ou manejos, dentro de cada dose.

Na Tabela 39, tivemos diferenças nas quatro avaliações de altura. Começando pela altura aos 7 DAA, comparando os manejos, foi notado que dentro do sal isopropilamina, nas doses de 720 e 2160 g e.a. ha⁻¹, o manejo 1 apresentou alturas menores e, confrontando as formulações verificou-se que dentro do manejo 2, nas doses de 720 e 1440 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu valores menores. Para a altura aos 14 DAA, na comparação entre manejos, foi observado que dentro do sal isopropilamina, nas doses de 720 e 1440 g e.a. ha⁻¹, o manejo 1 teve valores inferiores e, comparando as formulações, observa-se que dentro do manejo 2, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu menores valores.

Na avaliação de altura aos 21 DAA, teve-se diferença somente dentro do manejo 2, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, na qual o sal potássico exibiu menor resultado. Na altura aos 28 DAA, comparando-se manejos, foi visto que dentro do sal isopropilamina, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, o manejo 1 teve valores inferiores e, comparando as formulações, foi notado que dentro do manejo 2, nas doses de 720 e 1440 g e.a. ha⁻¹, o sal potássico exibiu as menores alturas.

Na Tabela 40, exposta na sequência, encontram-se as quatro avaliações de diâmetro de colmo que foram realizadas. Constata-se que não houve diferenças entre manejos e formulações, dentro das doses estudadas.

Tabela 39 - Altura das plantas de milho RR2, avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Altura 7 DAA (cm)					
0	32,25Ab	37,00Aa	30,75Aa	29,00Ba	32,25
720	28,25Ab	36,00Aa	28,00Aa	28,50Ba	30,19
1440	28,50Aa	32,75Aa	29,00Aa	26,75Ba	29,25
2160	26,00Ab	30,75Aa	29,50Aa	27,00Aa	28,31
2880	29,25Aa	27,25Aa	28,75Aa	27,00Aa	28,06
Média	28,85	32,75	29,20	27,65	
	30,80		28,42		29,61
CV (%)	10,30				
Altura 14 DAA (cm)					
0	41,00Ab	45,25Aa	37,50Aa	38,50Ba	40,56
720	33,75Ab	39,75Aa	34,50Aa	36,00Aa	36,00
1440	34,25Ab	39,75Aa	37,00Aa	34,00Ba	36,25
2160	37,00Aa	37,00Aa	39,25Aa	35,25Aa	37,12
2880	39,50Aa	35,50Aa	37,75Aa	34,50Aa	36,81
Média	37,10	39,45	37,20	35,65	
	38,27		36,42		37,35
CV (%)	7,64				
Altura 21 DAA (cm)					
0	50,75Aa	55,75Aa	53,00Aa	52,75Aa	53,06
720	51,25Aa	56,50Aa	52,25Aa	50,50Ba	52,62
1440	51,25Aa	51,50Aa	51,25Aa	50,25Aa	51,06
2160	50,25Aa	48,75Aa	47,00Aa	51,00Aa	49,25
2880	51,00Aa	49,75Aa	51,50Aa	51,25Aa	50,87
Média	50,90	52,45	51,00	51,15	
	51,67		51,08		51,37
CV (%)	7,48				
Altura 28 DAA (cm)					
0	63,50Ab	70,75Aa	62,75Aa	65,25Aa	65,56
720	58,25Ab	70,00Aa	64,75Aa	61,50Ba	63,62
1440	64,50Aa	66,50Aa	61,25Aa	59,25Ba	62,87
2160	61,75Aa	65,00Aa	67,75Aa	61,75Aa	64,06
2880	62,75Aa	59,25Aa	67,25Aa	62,75Aa	63,00
Média	62,15	66,30	64,75	62,10	
	64,22		63,42		63,83
CV (%)	7,73				

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 40 - Diâmetro de colmo das plantas de milho RR2, avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Diâmetro 7 DAA (mm)*					
0	10,86	11,69	10,78	10,66	11,00
720	10,70	11,80	10,97	10,92	11,10
1440	10,84	10,59	10,96	10,47	10,72
2160	10,25	10,49	11,30	10,14	10,55
2880	11,22	10,57	10,54	10,29	10,66
Média	10,77	11,03	10,91	10,50	
	10,90		10,70		10,80
CV (%)	10,37				
Diâmetro 14 DAA (mm)*					
0	15,30	15,76	13,45	14,84	14,82
720	14,68	15,28	14,56	14,19	14,68
1440	14,76	13,86	14,31	13,57	14,13
2160	14,49	13,97	15,87	14,27	14,65
2880	14,61	13,50	14,31	14,33	14,19
Média	14,78	14,47	14,47	14,24	
	14,63		14,35		14,49
CV (%)	9,26				
Diâmetro 21 DAA (mm)*					
0	16,56	16,54	15,36	15,72	16,04
720	16,52	15,46	15,33	16,02	15,83
1440	16,34	14,44	15,98	15,74	15,62
2160	15,82	16,05	16,25	15,72	15,96
2880	15,49	15,49	16,03	15,49	15,63
Média	16,14	15,60	15,79	15,74	
	15,87		15,77		15,82
CV (%)	8,86				
Diâmetro 28 DAA (mm)*					
0	17,74	18,77	16,96	18,00	17,87
720	17,57	17,23	17,32	17,21	17,33
1440	18,18	16,66	17,17	16,92	17,23
2160	16,74	17,72	17,64	17,82	17,48
2880	17,09	17,06	17,74	16,70	17,15
Média	17,45	17,50	17,37	17,33	
	17,48		17,35		17,41
CV (%)	7,29				

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

A avaliação do índice clorofila A (Tabela 41), aos 7 DAA, demonstrou diferença somente para o manejo 2, no sal potássico e dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, em que este valor foi inferior aos resultados encontrados para a outra formulação e o outro manejo. Já para o índice de clorofila A aos 14 DAA, dentro do manejo 1, na dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, o sal isopropilamina exibiu menor índice de clorofila A.

Tabela 41 - Avaliação do índice de Clorofila Falker (ICF), aferindo Clorofila A, do milho RR2, avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Clorofila A 7 DAA (unidade Falker)					
0	32,42Aa	31,57Aa	34,90Aa	32,12Aa	32,76
720	33,60Aa	34,40Aa	33,07Aa	32,45Aa	33,38
1440	32,85Aa	34,85Aa	35,20Aa	31,72Bb	33,66
2160	33,47Aa	32,20Aa	32,87Aa	32,57Aa	32,78
2880	31,85Aa	32,92Aa	32,82Aa	32,07Aa	32,42
Média	32,84	33,19	33,77	32,19	
	30,01		32,98		33,00
CV (%)	6,51				
Clorofila A 14 DAA (unidade Falker)					
0	26,20Aa	26,62Aa	26,80Aa	27,80Aa	26,86
720	26,72Aa	26,52Aa	27,00Aa	27,20Aa	26,86
1440	28,35Aa	28,50Aa	27,82Aa	29,35Aa	28,51
2160	27,07Aa	27,07Aa	25,00Aa	25,97Aa	26,28
2880	23,70Ba	26,65Aa	27,87Aa	26,35Aa	26,14
Média	26,41	27,07	26,90	27,33	
	26,74		27,12		26,93
CV (%)	9,31				
Clorofila A 21 DAA (unidade Falker)*					
0	34,25	34,10	33,77	33,80	33,98
720	32,67	32,65	33,05	31,12	32,37
1440	33,17	32,97	34,07	32,10	33,08
2160	31,65	32,15	31,90	32,47	32,04
2880	32,55	32,27	32,35	33,27	32,61
Média	32,86	32,83	33,03	32,55	
	32,84		32,79		32,82
CV (%)	6,37				
Clorofila A 28 DAA (unidade Falker)*					
0	26,85	27,07	27,30	26,67	26,97
720	27,02	27,17	29,00	26,50	27,42
1440	26,10	28,22	28,22	29,12	27,92
2160	27,27	27,25	28,67	27,57	27,69
2880	28,47	26,90	27,95	27,85	27,79
Média	27,14	27,32	28,23	27,54	
	27,23		27,89		27,56
CV (%)	7,76				

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

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

Na avaliação do índice clorofila B (Tabela 42), aos 7 DAA, foi observada diferença entre formulações, dentro do manejo 2, nas doses de 720, 1440 e 2160 g e.a. ha⁻¹, nas quais estes índices foram menores para o sal potássico e, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹, o manejo 2 obteve resultado menor que o manejo 1, dentro do sal potássico. Para o índice de clorofila B aos 14 DAA, houveram duas diferenças na

dose de 2880 g e.a. ha⁻¹, em que na comparação entre formulações, dentro do manejo 1, o sal isopropilamina exibiu menor índice e, na comparação entre manejos, dentro do sal isopropilamina, o manejo 2 teve menor valor.

Tabela 42 - Avaliação do índice de Clorofila Falker (ICF), aferindo Clorofila B, do milho RR2, avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Clorofila B 7 DAA (unidade Falker)					
0	7,85Aa	7,95Aa	8,42Aa	7,67Aa	7,97
720	8,52Aa	8,90Aa	8,42Aa	7,45Ba	8,32
1440	8,10Aa	8,77Aa	8,55Aa	7,15Bb	8,14
2160	8,31Aa	8,57Aa	7,77Aa	7,30Ba	7,99
2880	8,20Aa	7,65Aa	7,97Aa	7,47Aa	7,82
Média	8,19	8,36	8,23	7,41	
	8,28		7,82		8,05
CV (%)	10,95				
Clorofila B 14 DAA (unidade Falker)					
0	5,27Aa	5,37Aa	5,22Aa	5,27Aa	5,29
720	5,27Aa	5,62Aa	5,22Aa	5,35Aa	5,37
1440	5,30Aa	6,10Aa	5,75Aa	6,22Aa	5,84
2160	5,50Aa	6,07Aa	5,20Aa	5,05Aa	5,46
2880	4,55Ba	5,67Aa	6,55Aa	5,20Ab	5,49
Média	5,18	5,77	5,59	5,42	
	5,47		5,50		5,49
CV (%)	17,18				
Clorofila B 21 DAA (unidade Falker)*					
0	7,47	8,15	8,37	8,07	8,01
720	8,07	7,97	8,17	7,35	7,89
1440	7,75	7,97	8,60	7,67	8,00
2160	7,35	7,42	7,72	7,65	7,53
2880	8,27	7,65	7,97	7,65	7,89
Média	7,78	7,83	8,17	7,68	
	7,81		7,92		7,87
CV (%)	13,73				
Clorofila B 28 DAA (unidade Falker)*					
0	5,17	5,47	5,60	5,45	5,42
720	5,47	5,57	6,32	5,17	5,63
1440	5,65	5,57	5,92	5,80	5,74
2160	5,30	5,62	6,02	5,32	5,57
2880	5,85	5,52	5,42	5,52	5,58
Média	5,49	5,55	5,86	5,45	
	5,52		5,66		5,59
CV (%)	15,04				

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

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

De acordo com os resultados expostos na Tabela 43, para as avaliações do índice de clorofila total, foi possível notar que as diferenças encontradas, para as avaliações aos 7 e 14 DAA, foram as mesmas encontradas para os índices de clorofila A, apresentados na Tabela 41, nas mesmas datas de avaliação.

Tabela 43 - Avaliação do índice de Clorofila Falker (ICF), aferindo Clorofila Total, do milho RR2, avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Clorofila Total 7 DAA (unidade Falker)					
0	40,27Aa	39,52Aa	43,32Aa	39,80Aa	40,73
720	42,12Aa	43,30Aa	41,50Aa	39,90Aa	41,71
1440	40,95Aa	43,62Aa	43,75Aa	38,87Bb	41,80
2160	41,79Aa	40,77Aa	40,65Aa	39,87Aa	40,77
2880	40,05Aa	40,57Aa	40,80Aa	39,55Aa	40,24
Média	41,03	41,55	42,00	39,60	
	41,30		40,80		41,05
CV (%)	7,03				
Clorofila Total 14 DAA (unidade Falker)					
0	31,47Aa	32,00Aa	32,02Aa	33,07Aa	32,14
720	32,00Aa	32,15Aa	32,22Aa	32,55Aa	32,23
1440	33,65Aa	34,60Aa	33,57Aa	35,57Aa	34,35
2160	32,57Aa	33,15Aa	30,20Aa	31,02Aa	31,74
2880	28,25Ba	32,32Aa	34,42Aa	31,55Aa	31,64
Média	31,59	32,84	32,49	32,75	
	32,22		32,62		32,42
CV (%)	10,27				
Clorofila Total 21 DAA (unidade Falker)*					
0	41,72	42,25	42,15	41,87	42,00
720	40,75	40,65	41,22	38,47	40,27
1440	40,92	40,95	42,67	39,77	41,08
2160	39,00	39,57	39,62	40,12	39,58
2880	40,82	39,92	40,32	40,92	40,50
Média	40,64	40,66	41,20	40,23	
	40,65		40,72		40,69
CV (%)	7,44				
Clorofila Total 28 DAA (unidade Falker)*					
0	32,02	32,55	32,90	32,12	32,40
720	32,50	32,75	35,32	31,67	33,06
1440	31,75	33,80	34,15	34,92	33,66
2160	32,57	32,87	34,70	32,90	33,26
2880	34,32	32,42	33,37	33,37	33,37
Média	32,63	32,88	34,09	33,00	
	32,76		33,54		33,15
CV (%)	8,79				

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

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

Finalizando a exposição dos resultados, em tabelas, referentes a todos os trabalhos conduzidos em campo e em casa de vegetação, temos na Tabela 44 os valores encontrados para massa fresca e seca da parte aérea das plantas e massa seca da raiz e massa seca total. Para nenhuma destas variáveis foram encontradas diferenças, entre as formulações e manejos, dentro das doses estabelecidas.

Tabela 44 - Aferições de massa fresca e seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total, de plantas de milho RR2, aos 28 dias após a aplicação de dois manejos, duas formulações e cinco doses de glyphosate. Casa de vegetação, UFPR – Setor Palotina-PR, 2015

Doses (g e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
Massa Fresca da Parte Aérea (g)*					
0	127,50	133,50	124,00	125,50	127,62
720	131,00	128,25	128,12	116,00	125,84
1440	124,12	119,25	123,00	119,50	121,47
2160	127,75	120,37	133,62	122,00	125,93
2880	124,24	111,00	129,75	123,00	122,00
Média	126,92	122,47	127,70	121,20	
	124,70		124,45		124,57
CV (%)	8,01				
Massa Seca da Parte Aérea (g)*					
0	33,04	33,29	30,50	35,59	33,10
720	31,80	34,96	31,44	30,38	32,15
1440	32,16	31,15	30,45	29,27	30,76
2160	35,63	33,45	36,07	31,62	34,20
2880	30,51	29,03	32,34	28,39	30,06
Média	32,63	32,38	32,16	31,05	
	32,50		31,61		32,05
CV (%)	17,26				
Massa Seca da Raiz (g)*					
0	12,28	12,14	11,18	10,58	11,55
720	11,35	11,53	11,16	10,45	11,12
1440	11,40	10,40	11,00	11,49	11,12
2160	10,81	10,36	10,61	10,41	10,55
2880	9,86	9,84	10,16	10,08	9,98
Média	11,14	10,89	10,82	10,60	
	11,01		10,71		10,87
CV (%)	12,06				
Massa Seca Total (g)*					
0	45,32	45,43	41,68	46,16	44,65
720	43,15	46,50	42,60	40,83	43,27
1440	43,57	41,75	41,45	40,76	41,88
2160	46,42	43,81	46,68	42,03	44,75
2880	40,38	38,87	42,50	38,47	40,05
Média	43,77	43,27	42,98	41,65	
	43,52		42,32		42,92
CV (%)	14,27				

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

É importante ressaltar que para este segundo experimento conduzido em casa de vegetação, foi possível realizar um número maior de avaliações do que no experimento anterior, contribuindo ainda mais para a solidez do presente estudo.

Com relação à análise de regressão para as doses utilizadas, dentro dos desdobramentos, registrou-se efeito significativo ($P < 0,05$). Foi ajustado um modelo linear com efeito decrescente, em função do incremento das doses, para altura das plantas avaliada aos 14 DAA (Figura 30), aos 21 DAA (Figura 31) e aos 28 DAA (Figura 32), e, também, para massa fresca da parte aérea das plantas (Figura 33), massa seca da parte aérea (Figura 34), massa seca da raiz (Figura 35) e massa seca total das plantas (Figura 36), que foram avaliadas ao final do experimento, com 28 DAA.

Figura 30 - Comportamento da altura das plantas de milho RR2, avaliada 14 dias após a aplicação das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo 2 (aplicação sequencial) e na formulação Z (sal potássico) e manejo 2 (aplicação sequencial). Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Figura 31 - Comportamento da altura das plantas de milho RR2, avaliada 21 dias após a aplicação das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo 2 (aplicação sequencial). Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Figura 32 - Comportamento da altura das plantas de milho RR2, avaliada 28 dias após a aplicação das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo 2 (aplicação sequencial). Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Figura 33 - Comportamento da massa fresca das plantas de milho RR2, avaliada 28 dias após a aplicação das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo 2 (aplicação sequencial). Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Figura 34 - Comportamento da massa seca das plantas de milho RR2, avaliada 28 dias após a aplicação das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico), e manejo 2 (aplicação sequencial). Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Figura 35 - Comportamento da massa seca da raiz das plantas de milho RR2, avaliada 28 dias após a aplicação das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo 1 (aplicação única) e na formulação R (sal isopropilamina) e manejo 2 (aplicação sequencial). Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Figura 36 - Comportamento da massa seca total das plantas de milho RR2, avaliada 28 dias após a aplicação das doses de glyphosate, no manejo 2 (aplicação sequencial). Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

As Figuras 30, 31 e 32 demonstram uma resposta semelhante a que foi visualizada nos experimentos realizados em campo e também no experimento anterior realizado em casa de vegetação, que representam o efeito das doses

crescentes de glyphosate, resultando em diminuições na altura das plantas. Na avaliação de altura feita aos 14 DAA (Figura 30), o ajuste foi alcançado pelas duas formulações, dentro do manejo 2. Nas avaliações aos 21 e 28 DAA (Figura 31 e 32), o ajuste foi só para o sal isopropilamina, no manejo 2, enquanto que no experimento anterior o ajuste foi possível para o sal potássico, no manejo 1 (Figura 28).

Para a massa fresca (Figura 33), a regressão foi encontrada para o sal isopropilamina, no manejo 2, da mesma forma como foi no experimento anterior (Figura 28). As regressões para as avaliações de massas secas, que foram possíveis somente neste experimento, demonstraram ajuste para massa seca da parte aérea das plantas, dentro do sal potássico, no manejo 2 (Figura 34); para massa seca da raiz, para os dois manejos, dentro do sal isopropilamina (Figura 35); e para massa seca total somente dentro do manejo 2 (Figura 36).

Os resultados visualizados neste experimento, que apresentou um número maior de regressões ajustadas, corroboram novamente com os dados obtidos por Zobiole et al. (2010a, 2010b, 2010c) para a cultura da soja RR e com as respostas alcançadas por Carvalho et al. (2015) para o milho RR2. Estando de acordo com o padrão dos resultados e explicações encontradas por Guerra et al. (2012) e Oliveira Neto et al. (2012), para o milho RR2.

Assim, são reforçadas e complementadas as respostas obtidas no experimento anterior, realizado com outro genótipo, e que não havia demonstrado ajustes para massa seca da parte aérea, da raiz ou total. Mais uma vez isso destaca que as altas doses de glyphosate podem afetar o crescimento, desenvolvimento e acúmulo de biomassa das plantas, o que, conseqüentemente, afeta seu desempenho agrônomo.

Ressalta-se que nos dois experimentos em casa de vegetação, foi efetuada análise visual de fitointoxicação, mas sem incluir notas, pois não foram percebidos sintomas significativos dos tratamentos aplicados, sobre a coloração e desenvolvimento das plantas.

Finalizando as discussões dos trabalhos individualmente, cabe frisar que várias avaliações realizadas em casa de vegetação não puderam ser aferidas nos experimentos de campo. Estes resultados vieram a somar aos já alcançados, pois suas respostas estão correlacionadas aos valores obtidos nos experimentos de campo, ou seja, estes resultados seguem o padrão geral de comportamento encontrado nos cinco experimentos realizados em campo.

2.3.3 Discussão Geral

Com relação a este amplo conjunto de resultados exposto nesta série de tabelas, tanto para os cinco experimentos realizados em campo como para os dois em casa de vegetação, é possível, a partir destes dados, visualizar os valores para cada variável, suas médias e coeficientes de variação e também realizar a comparação individualizada entre os manejos e formulações, dentro de cada dose.

A partir da interpretação e ponderação dos resultados encontrados em todas as tabelas, pode-se afirmar que mesmo considerando as variáveis que apresentaram diferenças (entre manejos e formulações, dentro das doses), não houve uma formulação ou um manejo caracteristicamente mais danoso ao milho RR2. As diferenças visualizadas não mantiveram um padrão de respostas, apontando uma tendência ou possibilidade de diagnóstico quanto às formulações e manejos utilizados.

No que diz respeito a todas as regressões elaboradas para os experimentos realizados em campo e em casa de vegetação, levando em conta o número de ajustes alcançados, para os diferentes desdobramentos das inteirações triplas, entre as formulações e manejos, observa-se que: para a formulação contendo o sal de isopropilamina dentro do manejo 1, foram possíveis oito ajustes; para o sal isopropilamina dentro do manejo 2, foram efetuados 10 ajustes; para o sal potássico dentro do manejo 1, foram cinco ajustes; e para o sal potássico dentro do manejo 2, houveram três ajustes. Agora considerando somente as regressões elaboradas na interação dupla, teve-se: seis ajustes para o sal isopropilamina; dois ajustes para o sal potássico; três ajustes para o manejo 2; e nenhum para o manejo 1.

Levando em consideração todas as figuras, que expostas demonstraram os efeitos das doses, nestas regressões realizadas para os desdobramentos das inteirações triplas e duplas, observa-se que entre os manejos utilizados não se teve um padrão considerável no número de ajustes, para diferenciar a aplicação única da sequencial. Concordando com os resultados das tabelas, nas quais foram proporcionadas as comparações individuais entre as médias. Estas informações corroboram com resultados de Albrecht (2014) e Alonso et al. (2013), que não verificaram diferença entre formas de aplicação do glyphosate na cultura da soja RR. Resultados recentes para o milho RR2 também não demonstraram diferença entre aplicação única e sequencial (ALBRECHT et al., 2014d; OSÓRIO et al., 2015).

Usando o mesmo raciocínio na comparação das formulações, foi notado relevante contraste para o número de ajustes entre os dois sais utilizados, no qual o sal de isopropilamina permitiu um número superior de ajustes. Mas, mesmo assim, seria discutível afirmar que essa formulação causa maiores danos ao milho RR2, pois também foram demonstradas várias regressões com efeitos deletérios relacionados ao sal potássico, inclusive para variáveis de grande importância, como produtividade. Além disso, não se pode desconsiderar que a partir das tabelas, comparando-se as médias duas a duas, não foi possível distinguir qual formulação seria mais danosa.

Estas constatações corroboram com resultados de Albrecht et al. (2014b) e Albrecht (2014), nos quais não foram encontradas diferenças expressivas entre estas duas formulações, quando aplicadas na soja RR. Para o milho RR2, os escassos resultados também exibiram a inexistência de padrão diferencial de comportamento entre formulações (ALBRECHT et al., 2014d; DIAMANTINA DA COSTA, et al., 2012). Para outras espécies vegetais, distintas formulações atuais de glyphosate foram testadas e não demonstraram diferenças de efeito (BELZ; LEBERLE, 2012). Assim, mesmo considerando a diferença entre o sal incluído na formulação, surfactantes, ingredientes inertes e a concentração do ácido colocada no produto (HARTZLER, 2003; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011) as respostas do milho RR2 foram similares.

Deste modo, tem-se indicação de flexibilidade no uso dos produtos comerciais e na forma de aplicação dos mesmos. Porém, com as regressões, podem-se compreender os efeitos negativos provocados pela aplicação das doses crescentes de glyphosate. Em alguns casos, quando se observa além do modelo linear ajustado, podem-se constatar maiores danos acima de 1440 g e.a. ha⁻¹.

Fatores externos e internos que influenciam na taxa de crescimento e na absorção dos nutrientes, promovem mudanças no comportamento das plantas, o que resulta em diferentes concentrações dos nutrientes nos tecidos vegetais (PRADO, 2008). Neste contexto, com o acréscimo das doses de glyphosate, alguns nutrientes, como o nitrogênio, enxofre, boro e zinco, tiveram seus teores aumentados nos grãos. Ao mesmo tempo, nutrientes, como o fósforo, potássio e magnésio, diminuíram seus teores nos grãos, com o aumento das doses de glyphosate.

De acordo com as funções e importâncias relacionadas aos nutrientes estudados, conforme exposto convenientemente nas explicações alocadas após cada experimento, entende-se que variações nestes teores, como aumento ou diminuição, são provocadas pela aplicação das doses de glyphosate, sendo decorrentes do efeito estressante deste herbicida no comportamento da planta e, conseqüentemente, no balanço nutricional desta. Lembrando que os grãos são um significativo dreno da planta (FORNASIERI FILHO, 2007). Trabalhos avaliando nutrientes em milho RR2 após a aplicação de glyphosate são escassos, mas temos pesquisas que relatam interferências do glyphosate nos teores de nutrientes nas folhas do milho RR2 (CORREIA; SANTOS; BALIEIRO, 2012; DIAMANTINA DA COSTA et al., 2012; CORREIA; SANTOS, 2013; OSÓRIO et al., 2015).

Com relação aos diversos efeitos das doses de glyphosate sobre o desenvolvimento das plantas e os componentes de produção do milho RR2, foram notados ajustes de regressões demonstrando redução de massa fresca e seca da parte aérea, massa seca total e massa seca da raiz. Também diminuição nas avaliações de altura das plantas, produtividade e massa de cem grãos. Estas respostas foram devidamente discutidas a contento, mas cabe lembrar que corroboraram com resultados encontrados na literatura para o milho RR2 e para a soja RR, que é mais pesquisada.

Pensando-se na soja RR, parte dos danos provocados pelo glyphosate estão relacionadas à rizosfera (KREMER; MEANS; KIM, 2005; NEUMANN et al., 2006), nesse sentido, mesmo o milho RR2 apresentando características bem distintas da soja RR, algumas explicações podem ser válidas, como as relacionadas a produtos da biodegradação do glyphosate e interações existentes nas proximidades das raízes, limitando, assim, o desempenho esperado para o milho RR2, quando exposto a altas doses de glyphosate.

As causas destes efeitos sobre os teores dos nutrientes nos grãos, crescimento, acúmulo de biomassa e desempenho agrônomo do milho RR2, quando submetido à aplicação do glyphosate, ainda não foram completamente elucidadas, existem proposições, como as que foram expostas ao longo do presente estudo. Mas também existem trabalhos que demonstraram a não existência de danos do glyphosate sobre o milho RR2, por exemplo, quando realizadas avaliações de alturas e componentes de produção, na dose de 1296 g e.a. ha⁻¹ (VIEIRA JR. et al., 2015) e quando avaliados componentes de produção, teores de nitrogênio,

proteínas e óleo nos grãos, e níveis de chiquimato na planta, em doses até 1296 g e.a. ha⁻¹ (REDDY; BELLALOU; ZABLOTOWICZ, 2010).

Observações de campo mostram que o glyphosate não promove danos significativos no milho RR2, quando aplicado dentro das doses recomendadas, mas mesmo levando em consideração que altas doses não apresentam recomendação oficial, facilmente observa-se situações práticas em que se utilizam doses elevadas de glyphosate, na maioria das vezes o produtor não está ciente dos possíveis efeitos negativos deste incremento na dose (C. VALE 2015¹, - informação verbal).

Em virtude destes fatores, nota-se a necessidade de maiores explicações sobre este assunto. Projetos de grandes proporções são conduzidos no momento nessa linha de pesquisa, como por exemplo, um projeto norte-americano liderado pelo pesquisador Stephen Duke, que verifica a possibilidade da ocorrência de efeitos do glyphosate sobre culturas RR, avaliando, entre outros fatores, o teor de até 20 nutrientes em folhas e grãos do milho RR2 sob efeito do glyphosate (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2016).

A oportunidade de pesquisa na área é grande. Neste sentido, novos mecanismos de tolerância ao glyphosate são estudados e os genes caracterizados de maneira a serem utilizados futuramente em culturas como o milho. Por exemplo, já há enzimas que inativam o glyphosate (GDC-1 e GDC-2), homólogas às descarboxilases (HAMMER et al., 2007). Outro exemplo é a descoberta de enzimas com baixa afinidade ao herbicida e elevada afinidade com o substrato, no caso, o fosfoenolpiruvato (PEP). Segundo Vande Berg et al. (2008), existem enzimas como a aroA1398, que apresentam até 800 vezes mais tolerância ao glyphosate do que as existentes e já foram testadas em eventos transgênicos de milho, mostrando-se completamente tolerantes em doses até quatro vezes a recomendada.

Fica claro com os resultados demonstrados neste trabalho, que não são comuns e evidentes os sintomas de clorose ou fitointoxicação nas plantas de milho RR2, mesmo que transientes, após a aplicação do glyphosate, isso de acordo com as avaliações visuais realizadas e as várias avaliações de índices de clorofila. Técnicos de campo também relatam que é muito raro a existência fitointoxicação visual no milho RR2, já na soja Intacta RR2 isso é muito mais comum (C. VALE 2015¹, - informação verbal).

¹Informações fornecidas pelos técnicos de campo da C. Vale Cooperativa Agroindustrial, em 2015, sobre a utilização de glyphosate, pelos agricultores, em pós-emergência nas culturas da soja e milho.

Então, mesmo sem apresentar danos aparentes, podem ocorrer efeitos latentes prejudiciais ao desenvolvimento do milho RR2, o que merece grande atenção da pesquisa e dos técnicos, pensando na utilização segura desta tecnologia que possibilitou vários benefícios relacionados ao manejo das plantas daninhas.

2.4 Conclusões

Com base no amplo conjunto de resultados exposto e discutido, pode-se compreender que:

As respostas para as duas formulações de glyphosate utilizadas (sal potássico e sal isopropilamina) e para os dois manejos (aplicação única e aplicação sequência) foram semelhantes, indicando flexibilidade no uso dos produtos comerciais e na forma de aplicação.

Os impactos significativos ficaram para as doses, pois existiram interferências potenciais causadas pela aplicação de altas doses de glyphosate (principalmente acima de 1440 g e.a.ha⁻¹), sobre o desenvolvimento das plantas, produção e composição dos grãos do milho RR2.

Referências

ALBRECHT, A.J.P. **Comportamento da soja RR em distintos ambientes de produção, submetida a diferentes manejos, formulações e doses de glyphosate**. 2014. 105 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.

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.; LUCCA, A. Qualidade fisiológica das sementes de soja RR em resposta ao uso de diferentes tratamentos contendo glyphosate em aplicação sequencial. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 211-220, 2011a.

ALBRECHT L.P.; ALBRECHT, A.J.P.; BRACCINI, A.L.; OLIVEIRA JR., R.S.; ZOBIOLE, L.H.S.; ÁVILA, M.R. The role of glyphosate in RR soybean production and seed quality. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, p. 401-407, 2014a.

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, v. 30, n. 1, 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.; 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, v. 29, n. 3, p. 558-590, 2011b.

ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; BARROSO, A.A.M.; MIGLIAVACCA, R.A.; SILVA, T.R.B.; VICTORIA FILHO, R.; KRENCHINSKI, F.H. Desempenho de sementes de soja rr submetida à aplicação de diferentes doses, manejos e formulações de glyphosate. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, p. 123-134, 2014a.

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

ALBRECHT, A.J.P.; PEREIRA, V.G.C.; ALBRECHT, L.P.; KRENCHINSKI, F.H.; WOBETO, K.S.; CESCO, V.J.S.; RODRIGUES, D.M.; VICTORIA FILHO, R. Efeito da aplicação de diferentes doses, formulações e manejos de glyphosate sobre a cultura do milho RR2 de segunda safra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., 2014, Gramado. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2014c. p. 1-4.

ALBRECHT, A.J.P.; KRENCHINSKI, F.H.; PLACIDO, H. F.; ALBRECHT, L.P.; VICTORIA FILHO, R.; MORAIS, M.F.; MIGLIAVACCA, R.A.; BARROSO, A.A.M.; REIS, F.C.; LORENZETTI, J.B. Efeito da aplicação de glyphosate sob o desenvolvimento da cultura de milho RR. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas: IAC; ABMS, 2012c. p. 1132-1137.

ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; SANTOS, G.; DAN, H.A.; OLIVEIRA NETO, A.M. Selectivity of glyphosate alone or in mixtures for RR soybean in sequential applications. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013.

BECKIE, H.J.; HARKER, K.N.; HALL, L.M.; WARWICK, S.I.; LÉGÈRE, A.; SIKKEMA, P.H.; CLAYTON, G.W.; THOMAS, A.G.; LEESON, J.Y.; SÉGUIN-SWARTZ, G.; SIMARD, M.J. A decade of herbicide-resistant crops in Canada. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, n. 4, p. 1243-1264, 2006.

BELZ, R.G.; LEBERLE, C. Low dose responses of different glyphosate formulations on plants **Julius-Kühn-Archiv**, Braunschweig, n. 434, p. 427, 2012.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

CATANEO, A.C.; DÉSTRO, G.F.G.; FERREIRA, L.C.; CHAMMA, K.L.; SOUSA, D.C.F. Atividade de glutathione S-transferase na degradação do herbicida glyphosate em plantas de milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 307-12, 2003.

CARVALHO, L.; PEREIRA, M.; BORGES, P.; SILVA, F.; COSTA, F. Differential response of corn and soybean RR crops to exposure to glyphosate and phosphate fertilization. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 751-758, 2015.

CELERES. **Informativo biotecnologia**. 2015. Disponível em: <http://www.celeres.com.br/docs/biotecnologia/IB1501_150611.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2016.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Eventos aprovados - CTNBio**. 2016. Disponível em: <<http://cib.org.br/biotecnologia/regulamentacao/ctnbio/eventos-aprovados/>> Acesso em: 27 jan. 2016.

CORREIA, N.M.; SANTOS, E.A.; BALIEIRO, G. Teores foliares de macro e micronutrientes e produtividade de milho tolerante ao herbicida glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** São Paulo: SBCPD, 2012. p. 1-5.

CORREIA, N.M.; SANTOS, E.A.D. Teores foliares de macro e micronutrientes em milho tolerante ao glyphosate submetido à herbicidas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3165-3171, 2013. Suplemento 1.

DIAMANTINA DA COSTA, S.S.; OLIVEIRA, M.C.; BRAGA, R.R.; PEREIRA, G.A.M.; FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B. Análise nutricional do milho RR submetido a diferentes formulações de glyphosate e a competição por plantas daninhas tolerantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** São Paulo: SBCPD, 2012. p. 341-345.

DUKE, S.O.; RIMANDO, A.M.; PACE, P.F.; REDDY, K.N.; SMEDA, R.J. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 1, p. 340-344, 2003.

EMBRAPA. **Sistema de produção: cultivo do milho**. 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/index.htm> Acesso em: 13 maio 2015.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

FALKER. **Medidor eletrônico de teor de clorofila - clorofiLOG**. 2009. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/Produto.php?id=4>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

FANCELLI, A.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2004. 360 p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.

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. p. 17-19.

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

GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A.M.; DAN, H.A.; OLIVEIRA JR. R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; OSIPE, J.B.; JUMES, T.M.C. Atividade fotossintética do milho RR após a aplicação de glyphosate isolado ou em mistura com atrazine. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** São Paulo: SBCPD, 2012. p. 153-157.

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

HAMMER, P.E.; HINSON, T.K.; DUCK, N.B.; KOZIEL, M.G. Inventors - Arthenix Corporation, Assignee. 10/05/2007. **Methods to confer herbicide resistance**. U.S. patent application. 20070107078 A1, Malden 1-53.

HARTZLER, B. **Wich glyphosate products is best?** 2003 Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2001/glyphosateformulations03.htm>>. Acesso em: 17 maio 2016.

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

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

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

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

MALAVOLTA, E.A.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 201 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 659 p.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, Lubbock, v. 46, n. 3, p. 467-472, 1995.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MONSANTO. **Monsanto em campo**: boletins informativos. 2011. Disponível em: <<http://www.monsanto.com.br/monsanto/brasil/newsletter/geral>>. Acesso em: 26 mar. 2015.

_____. **Produtos**: herbicidas. 2012. Disponível em: <<http://www.monsanto.com.br/produtos/herbicidas/herbicidas.asp>>. Acesso em: 22 nov. 2015.

_____. **Produtos**: milho Roundup Ready. 2013. Disponível em: <http://www.monsanto.com.br/sustentabilidade/produtos/milho_roundup_ready_2/milho_roundup_ready_2.asp>. Acessado em: 08 de maio 2013.

NEUMANN, G.; KOHLS, S.; LANDSBERG, E.; STOCK-OLIVEIRA SOUZA, K.; YAMADA, T.; ROMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target via the rhizosphere. **Journal of Plant Disease and Protection**, Stuttgart, v. 20, n. 1, p. 963-969, 2006.

NOLTE S.A.; YOUNG B.G. Efficacy and economic return on investment for conventional and herbicide-resistant corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v. 16, n. 2, p. 371-378, 2002.

OLIVEIRA NETO, A.M.; DAN, H.A.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; GUERRA, N.; GEMELLI, A.; JUMES, T.M.C.; TAKANO, H.K.; Influência do glyphosate isolado ou em mistura com atrazine sobre o desenvolvimento inicial do milho RR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** São Paulo: SBCPD, 2012. p. 161-165.

OSÓRIO, C.W.; BARDIVIESSO, D.M.; DE SOUZA, E.I.S.; LEITE, R.C.; LEAL, A.J.F.; SOUZA, H. M. Milho RR submetido a diferentes manejos de herbicidas e adubação foliar. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 2, p. 78-82, 2015.

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. 309 p.

PRADO, R.M. **Nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. UNESP, 2009. 408 p.

REDDY, K.N.; BELLALOUI, N.; ZABLOTOWICZ, R.M. Glyphosate effect on shikimate, nitrate reductase activity, yield, and seed composition in corn. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 58, n. 6, p. 3646-3650, 2010.

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**, Washington, v. 52, n. 11, p. 5139-5143, 2004.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informativo POTAFOS**, Piracicaba, v. 15, n. 103, p. 20, 2001.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 697 p.

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

THELEN, K.D.; PENNER, D. Yield environment affects glyphosate-resistant hybrid response to glyphosate. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 5, p. 2098-2107, 2007.

THOMAS, W.E.; PLINE-SRNIC, W.A.; THOMAS, J.F.; EDMISTEN, K.L.; WELLS, R.; WILCUT, J.W. Glyphosate negatively affects pollen viability but not pollination and seed set in glyphosate resistant corn. **Weed Science**, Champaign, v. 52, n. 4, p. 725-734, 2004.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Research project:** determination of the effect of glyphosate on mineral content of glyphosate-resistant crops. 2016. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=422641>. Acesso em: 29 jan. 2016.

VANDE BERG, B.J.; HAMMER, P.E.; CHUN, B.L.; SCHOUTEN, L.C.; CARR, B.; GUO, R.; DETER, R. Characterization and plant expression of a glyphosate-tolerant enolpyruvylshikimate phosphate synthase. **Pest Management Science**, Malden, v. 64, n. 4, p. 340-345, 2008.

VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; MESCHEDE, D.K.; TRINDADE, M.L.B. **Glyphosate: uso sustentável**. Botucatu: FEPAF, 2012. 213 p.

VIEIRA JÚNIOR, N.S.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I.S.; REZENDE, P.N.; MORAES, N.C.; ARAÚJO, V.T.; TAVRES, C.J. Associação de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do milho. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 1, p. 1-8. 2015.

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. p. 397-464.

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

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**, Warszawa, v. 32, n. 5, p. 831-837, 2010a.

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, 2010c.

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**, New York, v. 97, n. 3, p. 182-193, 2010b.

3 HERBICIDAS ISOLADOS E ASSOCIADOS APLICADOS EM MILHO RR2/LL

Resumo

Visando um melhor controle de plantas daninhas e também a prevenção da seleção de biótipos resistentes, a utilização de dois ou mais mecanismos de ação é uma prática recomendável. A associação de herbicidas é objeto de vários estudos avaliando principalmente o controle das plantas daninhas, mas não se pode deixar de lado o estudo da seletividade da cultura. Com a expansão do cultivo do milho RR2 (Roundup Ready 2) e também do milho LL (Liberty Link), passaram a surgir dúvidas sobre as associações do glyphosate, amônio-glufosinato e a interação destes com outros herbicidas utilizados no milho convencional. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo a avaliação das respostas do milho transgênico (RR2/LL), submetido à aplicação de diferentes associações de herbicidas. Para isso foram conduzidos dois experimentos distintos, com oito tratamentos cada, um deles utilizou glyphosate, atrazine e nicosulfuron e o outro glyphosate, amônio-glufosinato e atrazine. Nos dois casos os herbicidas foram aplicados isolados e associados e se tinha um tratamento sem aplicação. O experimento I e II foram conduzidos na primeira safra (verão) de 2012/13 e repetidos na primeira safra (verão) de 2013/14, ambos em uma propriedade agrícola em Marechal Cândido Rondon-PR. Também foram conduzidos quatro experimentos em casa de vegetação (dois em Piracicaba-SP e dois em Palotina-PR), com os mesmos tratamentos dos experimentos realizados em campo, tendo o propósito de alcançar informações adicionais que permitissem melhor entendimento dos resultados. Foi realizada a análise de diversas variáveis relacionadas ao desempenho agrônomo da cultura (aferições de alturas, diâmetro de colmo, índices de clorofila, massa fresca e seca de parte aérea, massa seca da raiz, produtividade e massa de 100 grãos) e à qualidade dos grãos produzidos (teste de germinação e indicativo de vigor). Os resultados evidenciaram que determinadas associações de herbicidas (principalmente associação de três produtos) podem trazer danos ao milho RR2/LL, e que o nicosulfuron deve ser posicionado com cautela em novos híbridos de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*; Tecnologia Roundup Ready 2; Tecnologia Liberty Link; Seletividade

Abstract

Aiming a best control of weeds and also the prevention of the selection of resistant biotypes, the use of two or more action mechanisms is a recommended practice. The herbicides association is object of several studies evaluating mainly the weeds control, but it can not be ignored the study of crop selectivity. With the expansion of the RR2 (Roundup Ready 2) corn cultivation and also LL (Liberty Link) corn, it began to emerge doubts about the association of glyphosate, ammonium-glufosinate and these with other herbicides used in the conventional corn. In this sense, the present study aimed the evaluation of the replies of transgenic corn (RR2/LL), submitted to the application of different associations of herbicides. For this, it was conducted two different experiments, with eight treatments each, one of them used glyphosate, atrazine and nicosulfuron and the other glyphosate, ammonium-glufosinate and atrazine. In both cases the herbicides were applied isolated and associated and, if there was one treatment without application. The experiment I and II were conducted in the first crop (summer) of 2012/13 and repeated in the first crop

(summer) of 2013/14, both in an agricultural property in Marechal Cândido Rondon-PR. It was also conducted four experiments in greenhouse (two in Piracicaba-SP and two in Palotina-PR), with the same treatments of the experiments performed in field, with the purpose to reach additional information that allowed a better understanding of the results. It was performed review of several variables related to the agronomic development of the crop (height measurements, stem diameter, chlorophyll index, fresh and dry matter of the air part, root dry mass, productivity and weight of 100 grains) and the quality of the grains produced (germination test and strength indicative). By the results, it was evidenced that certain associations of herbicides (mainly association of three products) can bring damage to the RR2/LL corn and the nicosulfuron should be positioned cautiously in new corn hybrids.

Keywords: *Zea mays*; Roundup Ready 2 Technology; Liberty Link Technology; Selectivity

3.1 Introdução

As plantas daninhas afetam o potencial produtivo das culturas comerciais, como o milho, por meio da competição por nutrientes, água, espaço físico e luz, ou ainda, liberando substâncias alelopáticas. Isto ocorre devido a diversas características adaptativas das plantas daninhas, que proporcionam a elas capacidade para suportar condições adversas e se propagar, enquanto que as culturas como o milho, por meio do melhoramento genético perderam esta agressividade e melhoram a produtividade (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

O controle adequado de plantas daninhas é uma prática de primordial importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer atividade de produção de grãos na agricultura. Os métodos normalmente utilizados para controlar as plantas infestantes são o preventivo, mecânico, biológico, químico e o cultural, quando possível, sendo aconselhável utilizar a combinação de dois ou mais métodos (CONSTANTIN, 2011; VICTORIA FILHO, 2008).

Com relação ao método químico, sua grande aceitação é atribuída ao fato de que o controle das plantas daninhas por herbicidas proporciona facilidades e vantagens ao produtor rural. Entre elas destaca-se: menor dependência da mão-de-obra (cada vez mais cara e escassa); a eficácia no controle de plantas daninhas na linha de semeadura e o fato de não afetar o sistema radicular das culturas; permite o cultivo mínimo ou semeadura direta; pode controlar plantas daninhas de propagação vegetativa; permite semeadura a lanço e/ou, alteração no espaçamento, entre outros fatores (SILVA et al., 2009; VICTORIA FILHO, 2008).

É importante destacar que nos últimos anos as culturas RR promoveram o uso repetitivo e em grande escala do glyphosate. Assim, surgiram e continuam a surgir vários registros de plantas daninhas resistentes a este herbicida. O aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes ao glyphosate está diretamente relacionado ao desenvolvimento e expansão das culturas RR, pois com o uso continuado deste herbicida, ocorreu uma maior pressão de seleção destes biótipos (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013; HEAP, 2013). Mas também são registrados mais casos, a cada ano, de plantas daninhas resistentes a herbicidas pertencentes a outros mecanismos de ação.

O Brasil possui um total de 35 biótipos identificados como resistentes, representados por 23 espécies, dos quais 8 casos possuem resistência múltipla (HEAP, 2016). No mundo, hoje se tem registradas 32 espécies de plantas daninhas resistentes ao glyphosate, sendo que os Estados Unidos da América, o precursor das culturas RR, apresentam 15 espécies de plantas daninhas resistentes ao glyphosate; a Austrália apresenta 10; e a Argentina e o Brasil apresentam sete espécies resistentes ao glyphosate (HEAP, 2016).

Resultados de Shaner (2000) já alertavam que embora os cultivos tolerantes ao glyphosate fossem uma importante ferramenta no controle de plantas daninhas, o uso intensivo de glyphosate nas culturas RR acarretaria em problemas, principalmente na seleção de biótipos resistentes.

Visando um melhor controle de plantas infestantes e também a prevenção da seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes, a utilização de dois ou mais mecanismos de ação é uma ação recomendável. Neste mesmo sentido, é importante a utilização de novas tecnologias que conferem a tolerância a diferentes herbicidas, proporcionando assim condições favoráveis para a rotação de mecanismos de ação (RIAR et al., 2013; BARROSO et al., 2015).

Sem dúvida, a associação de herbicidas trata-se de uma importante ferramenta no manejo de plantas daninhas de difícil controle e diversos trabalhos relatam suas aplicações, vantagens e desvantagens (AZEVEDO, 2015). A pesquisa de Gazziero (2015), que entrevistou produtores rurais e profissionais da área, concluiu que para 97% dos entrevistados a mistura em tanque é uma prática usual, em 95% das vezes variando de dois a cinco produtos e 72% dos entrevistados afirmaram desconhecer ou consideraram insuficientes as informações sobre misturas em tanque, mesmo sendo uma prática comum.

A associação de herbicidas é objeto de estudo de diversos autores com intenção de verificar, principalmente, o controle de plantas daninhas de difícil manejo e também a presença de infestantes com resistência a um determinado herbicida amplamente utilizado (AZEVEDO, 2015; GEMELLI, et al., 2013; MELO et al., 2012). Mas não se pode deixar de lado o estudo da seletividade das culturas, submetidas a estas diversas associações de produtos, pois mesmo que o controle das plantas daninhas seja eficaz, nada adianta se a cultura de interesse econômico for afetada negativamente pelos produtos aplicados.

Com a expansão do milho RR2/LL, passaram a surgir dúvidas relacionadas as associações do glyphosate, amônio-glufosinato e destes com outros herbicidas, que eram amplamente utilizados no milho antes da inserção dos eventos transgênicos, pois, dependendo da combinação, pode-se causar fitointoxicação na cultura, e ainda comprometer a eficácia de controle das plantas daninhas (C.VALE, 2015² – informação verbal).

Estas dúvidas comprovam mais uma vez a necessidade de pesquisas nesta área, principalmente pelo fato de que em regiões agrícolas brasileiras são visualizados casos de antagonismos em associações de produtos aplicados em culturas, como a soja e milho. Em algumas situações, se associa o glyphosate com outros herbicidas e outros produtos fitosanitários como inseticidas, fungicidas, adjuvantes e fertilizantes, apresentando fitointoxicações visíveis nas lavouras (C. VALE 2015², – informação verbal).

Partindo-se do pressuposto que a associação de alguns herbicidas pode apresentar efeitos indesejáveis mesmo em culturas RR2 e/ou LL, para as quais é considerado seletivo, destaca-se que, segundo Taiz e Zeiger (2013), estresses acarretam em efeitos negativos sobre o crescimento e desenvolvimento normal das espécies vegetais.

Quando levamos em consideração o fato da utilização recente do milho RR2/LL pelos agricultores brasileiros (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015), recomenda-se cautela, pois faltam informações concretas sobre possíveis efeitos deletérios que o glyphosate e o amônio-glufosinato, isolados ou associados entre si

²Informações fornecidas pelos técnicos de campo da C. Vale Cooperativa Agroindustrial, em 2015, sobre a utilização pelos agricultores de associações contendo herbicidas, aplicadas em pós-emergência nas culturas da soja e milho.

e com outros herbicidas, podem causar a esta cultura, sob as condições edafoclimáticas brasileiras.

Infere-se que, diante da literatura disponível, dentro desta linha de estudo, pouco se sabe efetivamente sobre as reais respostas do milho RR2/LL submetido à aplicação de herbicidas, em pós-emergência, no território brasileiro. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação, em pós-emergência, de herbicidas isolados e associados no milho apresentando as tecnologias RR2/LL.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Experimentos em campo

O presente estudo foi constituído por dois experimentos (experimento I e experimento II), que apresentaram delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Para os dois experimentos, as parcelas foram compostas por seis linhas de milho (espaçamento de 0,5 m entre linha) e cinco metros de comprimento. A área útil considerada foram as quatro linhas centrais, descartando-se meio metro em cada extremidade.

O experimento I foi conduzido na primeira safra de milho do ano agrícola 2012/13 e repetido na primeira safra do ano agrícola 2013/14. Foi composto pela aplicação isolada e associada de glyphosate e dois herbicidas muito utilizados em milho (atrazine e nicosulfuron), principalmente antes da inserção dos materiais transgênicos tolerantes a herbicidas, totalizando oito tratamentos e 32 parcelas, em que os tratamentos estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos contendo herbicidas aplicados isolados e associados. Experimento I, Marechal Cândido Rondon-PR, safras 2012/2013 e 2013/2014

	Tratamentos	Doses
T1	controle	0
T2	glyphosate	1080 (g e.a. ha ⁻¹)
T3	atrazine	2000 (g i.a. ha ⁻¹)
T4	nicosulfuron	50 (g i.a. ha ⁻¹)
T5	glyphosate + atrazine	1080 (g e.a. ha ⁻¹) + 2000 (g i.a. ha ⁻¹)
T6	glyphosate + nicosulfuron	1080 (g e.a. ha ⁻¹) + 50 (g i.a. ha ⁻¹)
T7	atrazine + nicosulfuron	2000 (g i.a. ha ⁻¹) + 50 (g i.a. ha ⁻¹)
T8	glyphosate + atrazine + nicosulfuron	1080 (g e.a. ha ⁻¹) + 2000 (g i.a. ha ⁻¹) + 50 (g i.a. ha ⁻¹)

O experimento II também foi conduzido na primeira safra de milho do ano agrícola 2012/13 e repetido na primeira safra do ano agrícola 2013/14. Foi formado pela aplicação isolada e associada de glyphosate, amônio-glufosinato e atrazine, conforme especificado na Tabela 2, totalizando 8 tratamentos e 32 parcelas. Os experimentos I e II foram conduzidos em área de produção localizada em Marechal Cândido Rondon, Região Oeste do Estado do Paraná.

Tabela 2 - Tratamentos contendo herbicidas aplicados isolados e associados. Experimento II, Marechal Cândido Rondon-PR, safras 2012/2013 e 2013/2014

	Tratamentos	Doses
T1	controle	0
T2	glyphosate	1080 (g e.a. ha ⁻¹)
T3	glufosinato	500 (g i.a. ha ⁻¹)
T4	atrazine	2000 (g i.a. ha ⁻¹)
T5	glyphosate + glufosinato	1080 (g e.a. ha ⁻¹) + 500 (g i.a. ha ⁻¹)
T6	glyphosate + atrazine	1080 (g e.a. ha ⁻¹) + 2000 (g i.a. ha ⁻¹)
T7	glufosinato + atrazine	500 (g i.a. ha ⁻¹) + 2000 (g i.a. ha ⁻¹)
T8	glyphosate + glufosinato + atrazine	1080 (g e.a. ha ⁻¹) + 500 (g i.a. ha ⁻¹) + 2000 (g i.a. ha ⁻¹)

Para o experimento I, o híbrido simples de milho utilizado foi o 30A91HR (nas duas safras); para o experimento II foi o híbrido simples 2B810 PW (nas duas safras). O híbrido utilizado no experimento I apresenta resistência a lepidópteros, tolerância ao glyphosate (RR2) e ao amônio-glufosinato (LL), porém a tecnologia LL não é explorada comercialmente neste híbrido. Já o híbrido utilizado no experimento II apresenta as mesmas características já citadas, mas neste genótipo a tecnologia LL é explorada comercialmente. Estes híbridos foram escolhidos por serem adequados para as suas localidades e principalmente por apresentarem áreas cultivadas representativas na região.

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante na área destes ensaios é o Cfa – subtropical úmido mesotérmico. Esse tipo de clima caracteriza-se 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). A altitude da área é de 285 metros (24°41' 52" S; 54° 06' 59" O).

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 e 2.

Figura 1 - Representação da precipitação, temperatura média mínima e temperatura média máxima para o período referente a primeira safra, no Município de Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2012/13

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2015)

Figura 2 - Representação da precipitação, temperatura média mínima e temperatura média máxima para o período referente a primeira safra, no Município de Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2013/14

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2015)

Foi realizada a análise química e física do solo antes da instalação dos experimentos (antes do primeiro ano agrícola), na profundidade de 0,0 - 0,20 m

(Tabela 3), sendo este solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013).

Tabela 3 – Análise química e física do solo da área experimental de Marechal Cândido Rondon, coletada na profundidade de 0 a 20 cm. Marechal Cândido Rondon-PR, 2013

P (Mehlich)	K	C	Ca	Mg	H + Al	pH (CaCl ₂)	Al	SB
29,40	1,68	20,25	7,86	2,42	3,97	5,61	0,00	11,96
Zn	Fe	Mn	Cu	V	CTC	Areia	Silte	Argila
7,07	19,93	67,90	16,68	75,08	15,93	17,80	19,25	62,95

Unidades: P, Cu, Zn, Fe, Mn (mg dm⁻³); K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³); C (g dm⁻³); V, areia, silte, argila (%)

Para as aplicações dos tratamentos, no estágio fenológico V4 (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2001), foi utilizado um pulverizador costal propelido a CO₂, com pressão constante de 2 BAR, com vazão de 0,65 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, atinge uma faixa aplicada de 50 cm de largura, o que propiciou um volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Como os experimentos estavam localizados um ao lado do outro, na propriedade agrícola situada em Marechal Cândido Rondon-PR, as aplicações dos tratamentos foram realizadas no mesmo dia e sob as mesmas condições ambientais, para os dois experimentos.

Com relação às datas e às condições ambientais médias durante as aplicações, estas foram: na safra 2012/13 a aplicação ocorreu dia 24/10/2012 (umidade relativa (UR) = 59%; velocidade do vento (vv) = 3,2 km h⁻¹; temperatura (T) = 27,3°C). Já para a safra 2013/14 a aplicação ocorreu dia 29/10/2013 (UR = 68%; vv = 3,7 km h⁻¹; T = 25,4°C).

As práticas de adubação, instalação da cultura e manejo fitossanitários foram realizadas de acordo com as recomendações da Embrapa (2012). As áreas experimentais foram mantidas livres da presença de plantas daninhas durante todo seu desenvolvimento, por meio de capinas manuais.

Foi avaliada a fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), através de avaliações visuais, verificando 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 (SBCPD, 1995).

No estádio R1 (embonecamento), foram realizadas avaliações dos índices de clorofila tipo A, B e clorofila total, utilizando um medidor eletrônico de clorofila (ClorofiLOG). Este equipamento determina os índices de clorofila Falker (ICF), que apresenta alta correlação com análises de laboratório da clorofila dos tipos A e B (FALKER, 2009). Foram realizadas aferições em 10 plantas selecionadas aleatoriamente na área útil da parcela, sempre na folha oposta à espiga.

As variáveis avaliadas relacionadas ao desempenho agrônomo foram: estande, diâmetro de colmo, altura da inserção da espiga, índice de prolificidade, primeira altura, segunda altura, produtividade e massa de cem grãos. Dentre estas avaliações citadas, a primeira altura foi realizada entre os estádios V12 e V13, todas as demais foram feitas logo após a maturidade fisiológica da cultura (R6).

Para as avaliações de diâmetro de colmo (4,0 cm acima do solo), altura da inserção da espiga, índice de prolificidade, primeira altura e segunda altura, foram aferidas 10 plantas aleatoriamente na área útil das parcelas. Destaca-se que para a avaliação da primeira altura foi medida a distância da superfície do solo até a abertura do cartucho, e para segunda altura foi considerada a distância da superfície do solo até a inserção do pendão.

Para estimar a produtividade, as espigas da área útil das parcelas foram colhidas manualmente e debulhadas em trilhadeira para experimentos, limpas com o auxílio de peneiras e acondicionadas em sacos de papel.

Em seguida, no laboratório de Sementes da Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Setor Palotina, foi avaliada a massa de 100 grãos, por meio da pesagem de quatro repetições de 100 grãos, para cada parcela. Tanto para a produtividade quanto para a massa de 100 grãos, a umidade do material foi corrigida para 13%.

No mesmo laboratório, a qualidade dos grãos foi avaliada por meio da primeira contagem do teste de germinação (indicativo de vigor) e segunda contagem (germinação), de acordo com Brasil (2009).

3.2.2 Experimentos em Casa de Vegetação

Com foco em complementar as informações geradas com os experimentos de campo, foram realizados mais duas vezes o experimento I (Tabela 1) e duas vezes o experimento II (Tabela 2), em casas de vegetação. Primeiramente foram conduzidos os experimentos I e II, em Piracicaba-SP, de janeiro a março de 2014, em casa de

vegetação pertencente ao Departamento de Produção Vegetal - USP/ESALQ, com tratamentos e híbridos idênticos aos utilizados nos ensaios de campo.

Depois da finalização dos experimentos realizados em campo e após o encerramento destes primeiros experimentos em vasos (conduzidos em Piracicaba-SP), foram, então, repetidos novamente os dois experimentos em casa de vegetação, porém com híbrido simples de milho apresentando características distintas, mas também muito cultivado no Paraná e no Brasil.

Então, para o experimento I (Tabela 1) e experimento II (Tabela 2) foi utilizado o híbrido 30F53HR, apresentando resistência a lepidópteros e tolerância ao glyphosate e ao amônio-glufosinato (tecnologia LL não é explorada comercialmente). Estes últimos experimentos foram realizados em Palotina-PR, de janeiro a março de 2015, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas da UFPR - Setor Palotina.

Os experimentos realizados em casa de vegetação apresentaram delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e foram conduzidos até os 28 DAA (próximo ao estágio V10). Os vasos utilizados apresentavam capacidade de sete litros, apresentando uma planta por vaso, sendo mantidos em temperatura próxima a 25°C, umidade relativa do ar próxima a 60% e irrigação de 5,0 mm dia⁻¹.

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados da análise do solo utilizado para preencher os vasos dos experimentos realizados na ESALQ, sendo este solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

Tabela 4 – Resultado da análise química e física do solo utilizado para realização do experimento em vasos. Piracicaba-SP, 2014

P (Resina)	K	C	Ca	Mg	H + Al	pH (CaCl ₂)	Al	SB
7,0	0,26	10,27	3,90	1,60	2,50	5,3	0,00	5,76
Zn	Fe	Mn	Cu	V	CTC	Areia	Silte	Argila
2,6	33,0	7,3	1,6	70,0	82,8	54,00	6,00	40,00

Unidades: P, Cu, Zn, Fe, Mn (mg dm⁻³); K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³); C (g dm⁻³); V, areia, silte, argila (%)

Já na Tabela 5 encontram-se os resultados da análise do solo utilizado dos experimentos realizados na UFPR, sendo este solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013).

Tabela 5 – Resultado da análise química e física do solo utilizado para realização do experimento em vasos. Palotina-PR, 2015

P (Mehlich)	K	C	Ca	Mg	H + Al	pH (CaCl ₂)	Al	SB
8,93	0,51	13,65	5,39	0,87	4,28	5,5	0,00	6,77
Zn	Fe	Mn	Cu	V	CTC	Areia	silte	Argila
1,44	19,59	39,12	10,01	61,27	11,05	17,75	16,50	65,75

Unidades: P, Cu, Zn, Fe, Mn (mg dm⁻³); K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB, CTC (cmol_c dm⁻³); C (g dm⁻³); V, areia, silte, argila (%)

O emprego das práticas de adubação, instalação da cultura e manejos fitossanitários foi efetuado de acordo com recomendações da Embrapa (2012). Destaca-se que a adubação foi realizada levando em consideração a extração da cultura, baseada em uma produtividade de 10.000 kg ha⁻¹. Todas os vasos foram mantidas livres da interferência das plantas daninhas, por meio de controle manual. A aplicação dos tratamentos ocorreu da mesma forma que em campo, a diferença é que ao invés de parcelas, as unidades experimentais eram vasos.

Quanto às avaliações, aos 7, 14, 21 e 28 DAA, foram avaliados os índices de clorofila. Nos experimentos realizados na casa de vegetação da ESALQ foi utilizado o medidor portátil SPAD-502, da empresa Minolta. Este instrumento avalia a intensidade do verde da folha e calcula o índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) que é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha (MARKWELL; OSTERMAN; MITCHELL, 1995). Nos experimentos conduzidos na UFPR, foram aferidos os índices de clorofila tipo A, B e total, utilizando novamente o equipamento ClorofiLOG (FALKER, 2009). Independente do equipamento, a aferição do índice foi sempre na porção média da primeira folha totalmente expandida.

Também aos 7, 14, 21 e 28 DAA, foi avaliada a fitointoxicação através de avaliações visuais, considerando-se sintomas visíveis nas plantas (SBCPD, 1995) e, ainda, nestas mesmas quatro datas, foi avaliada a altura das plantas e o diâmetro do colmo para o experimento realizado na UFPR (no experimento realizado na ESALQ foi avaliado diâmetro de colmo somente com 28 DAA). A medida de altura foi feita da superfície do solo até a abertura do cartucho, e a aferição do diâmetro do colmo foi realizada quatro centímetros acima do solo.

Aos 28 DAA, quando as plantas estavam próximo ao estágio V10, foram então finalizados os experimentos, com a aferição da massa fresca da parte aérea e massa seca das raízes e também da parte aérea. Para secagem, foi utilizada estufa com ventilação forçada por 72 h a 65°C e, para mensurar as massas, balança analítica com precisão de três casas decimais.

3.2.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Após atendidas as pressuposições básicas para a análise de variância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Experimentos realizados em campo

Para os dois anos agrícolas (2012/2013 e 2013/2014), no local onde os experimentos em campo foram conduzidos, as características meteorológicas apresentaram-se próximas às médias históricas regionais, durante as safras (Figuras 1 e 2).

Destaca-se somente que no segundo ano agrícola (2013/14), teve-se um pequeno déficit hídrico no final do ciclo da cultura, próximo a maturidade fisiológica (Figura 2), sendo que desta forma, este fato não afetou o desempenho do milho. Isso demonstrou regularidade hídrica e térmica considerável durante a condução dos experimentos, proporcionando à cultura desenvolvimento próximo ao esperado.

3.3.1.1 Experimento I realizado na safra 2012/13

Nesta primeira safra em que o experimento I foi realizado (2012/13), foram notadas diferenças entre os tratamentos, para algumas variáveis analisadas. Nas variáveis relacionadas ao desempenho agrônômico (Tabela 6), houve diferença para a primeira avaliação de altura (realizada entre os estádios V12-V13) e segunda avaliação de altura (realizada após a maturidade fisiológica), em que o tratamento 8 (glyphosate + atrazine + nicosulfuron) apresentou menor altura que os tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, na primeira avaliação. Já na segunda avaliação de altura, o tratamento 8 foi menor que o tratamento 1 (Controle). Para produtividade também foram percebidas diferenças, na qual destaca-se que os tratamentos 7 e 8 expressaram menor produtividade que os tratamentos 1, 2 e 5.

Na Tabela 7, é possível visualizar os resultados dos índices de clorofila (avaliados na folha oposta a espiga no início do florescimento), e também da

qualidade dos grãos colhidos, que foi quantificada por meio do teste de germinação (primeira contagem - indicativo de vigor e contagem final - germinação). Para nenhuma destas variáveis, constatarem-se diferenças (Tabela 7).

Tabela 6 - Primeira altura das plantas (cm), segunda altura das plantas (cm), altura de inserção da espiga (m), diâmetro de colmo (mm), produtividade (kg.ha⁻¹) e massa de 100 grãos (g), do milho RR2 (30A91HR), submetido a aplicação de herbicidas isolados e associados. Experimento I, Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2012/13

Trat.	1ª Altura	2ª Altura	Altura Inserção*	Diâmetro Colmo*	Produtividade	Massa 100 grãos*
T1	157,10 a	211,10 a	1,20	24,51	9.695,86 ab	29,95
T2	157,15 a	201,15 ab	1,14	25,05	9.970,97 ab	30,17
T3	155,30 a	204,45 ab	1,19	25,05	9.058,58 abcd	29,77
T4	155,95 a	208,15 ab	1,17	25,50	8.723,41 bcd	31,55
T5	154,70 a	203,35 ab	1,17	25,65	10.669,60 a	29,18
T6	152,45 a	205,20 ab	1,13	25,86	8.954,45 bcd	30,71
T7	146,75 ab	203,50 ab	1,12	24,85	7.816,83 d	31,28
T8	137,40 b	195,90 b	1,16	26,70	8.247,34 cd	31,17
Média	152,10	204,10	1,16	25,27	9.142,13	30,47
CV%	3,16	2,76	4,89	4,90	7,66	5,79
DMS	11,41	13,38	0,13	2,93	1.661,61	4,19

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 7 – Índice de Clorofila Falker (ICF), determinando Clorofila A, B e Total (unidade Falker), nas folhas do milho RR2 (30A91HR), e qualidade das sementes, colhidas após a maturidade fisiológica (%). Experimento I, Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2012/13

Tratamentos	Clorofila A*	Clorofila B*	Clorofila Total*	Vigor*	Germinação*
T1	40,14	13,66	53,80	91,50	94,25
T2	40,08	14,19	54,27	95,25	97,00
T3	40,03	14,23	54,26	93,00	95,00
T4	40,20	14,53	54,73	92,25	94,00
T5	39,97	13,78	53,75	90,25	94,50
T6	40,47	14,97	55,44	93,25	95,50
T7	39,45	13,87	53,32	92,00	93,25
T8	40,00	14,36	54,36	93,75	96,00
Média	40,04	14,20	54,24	92,65	94,94
CV%	2,02	6,57	3,11	4,06	3,05
DMS	1,92	2,21	4,00	8,93	6,87

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

3.3.1.2 Experimento I realizado na safra 2013/14

Para a segunda safra em que o experimento I foi realizado (2013/14), conforme demonstrado na Tabela 8, foi notada diferença entre os tratamentos para altura de inserção da espiga. Para esta variável, o tratamento 8 se mostrou com altura menor que o tratamento 5. Já de acordo com a Tabela 9, verificou-se que não houve diferenças, assim como ocorreu na safra anterior (Tabela 7).

Tabela 8 - Primeira altura das plantas (cm), segunda altura das plantas (cm), altura de inserção da espiga (m), diâmetro de colmo (mm), produtividade (kg.ha⁻¹) e massa de 100 grãos (g), do milho RR2 (30A91HR), submetido a aplicação de herbicidas isolados e associados. Experimento I, Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2013/14

Tratamentos	1ª Altura*	2ª Altura*	Altura Inserção	Diâmetro Colmo*	Produtividade*	Massa 100 grãos*
T1	129,37	212,50	113,72ab	20,90	10448,85	29,68
T2	130,75	208,34	113,47ab	21,03	9627,26	30,43
T3	128,31	212,25	113,25ab	21,28	10430,91	30,08
T4	127,28	212,47	112,78ab	20,84	10208,47	30,43
T5	128,97	212,63	115,91a	20,93	10442,79	30,00
T6	128,85	210,06	114,84ab	20,80	9823,01	31,33
T7	127,35	211,75	110,69ab	20,32	10073,89	30,90
T8	124,90	206,91	106,06b	21,32	9694,14	31,19
Média	128,22	210,87	112,59	20,93	10093,67	30,51
CV%	2,58	1,80	3,65	2,27	5,58	3,82
DMS	7,84	8,98	9,74	1,13	1335,97	2,76

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 9 - Índice de Clorofila Falker (ICF), determinando Clorofila A, B e Total (unidade Falker), nas folhas do milho RR2 (30A91HR), e qualidade das sementes, colhidas após a maturidade fisiológica (%). Experimento I, Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2013/14

Tratamentos	Clorofila A*	Clorofila B*	Clorofila Total*	Vigor*	Germinação*
T1	39,65	15,75	55,40	89,75	92,00
T2	39,46	15,86	55,32	82,50	84,75
T3	38,77	16,32	55,10	88,75	90,25
T4	39,55	17,18	56,74	89,25	92,50
T5	38,79	16,68	55,47	84,25	86,50
T6	38,91	16,79	55,70	88,00	90,25
T7	39,23	16,81	56,04	79,25	82,00
T8	39,76	16,96	56,73	83,00	86,00
Média	39,27	16,55	55,81	85,59	88,03
CV%	1,79	4,13	2,18	6,90	5,90
DMS	1,66	1,62	2,88	14,01	12,33

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Com a interpretação dos resultados do experimento I, nestas duas safras, observa-se o indicativo de que o nicosulfuron expressou possíveis danos nas plantas, seja isolado ou em associação. Isso tem relação com a sensibilidade diferencial do híbrido a este herbicida, de forma similar aos efeitos discutidos em trabalhos realizados com milho convencional (PEREIRA FILHO; OLIVEIRA; PIRES, 2000; VARGAS; PEIXOTO; ROMAN, 2006; CAVALIERI et al., 2008, 2010; DAN et al., 2011).

Para as variáveis relacionadas ao crescimento (alturas) fica mais evidente o problema com a associação tripla. A questão é que o nicosulfuron tem potencial efeito negativo e que misturas com muitos produtos podem injuriar a planta de forma a diminuir o crescimento e até a produtividade. No entanto, destaca-se que o glyphosate associado com atrazine não comprometeu a cultura. Mas esses fatos são melhor elucidados com os resultados dos experimentos em casa de vegetação.

3.3.1.3 Experimento II realizado na safra 2012/13

Na primeira safra em que o experimento II foi realizado (2012/13), para as variáveis relacionadas ao desempenho agrônômico (Tabela 10), foi visualizada diferença somente para massa de 100 grãos, na qual o tratamento 1 teve menor massa que o tratamento 8. Mesmo não apresentando diferença estatística para produtividade, é visível que numericamente o tratamento 8 teve menor produtividade e, considerando a maior massa de grãos neste tratamento, é provável que tenha ocorrido menos fileiras de grãos por espiga e/ou menos grãos por fileira, que são importantes componentes de produção do milho, estando diretamente relacionados com a produtividade alcançada pela cultura (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; FORNASIERI FILHO, 2007).

Como visualizado no experimento I (Tabelas 7 e 9), para o experimento II (Tabela 11), mesmo com tratamentos diferentes, também não percebe-se diferenças nos resultados dos índices de clorofila (avaliados na folha oposta à espiga no início do florescimento), e também para qualidade dos grãos colhidos, que foi quantificada por meio do teste de germinação (primeira contagem - indicativo de vigor e contagem final - germinação).

Tabela 10 - Primeira altura das plantas (cm), segunda altura das plantas (cm), altura de inserção da espiga (m), diâmetro de colmo (mm), produtividade (kg.ha⁻¹) e massa de 100 grãos (g), do milho RR2/LL (2B810PW), submetido a aplicação de herbicidas isolados e associados. Experimento II, Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2012/13

Trat.	1ª Altura*	2ª Altura*	Altura Inserção*	Diâmetro Colmo*	Produtividade*	Massa 100 grãos
T1	149,90	222,45	1,31	24,39	10.058,66	27,58 b
T2	147,05	223,40	1,31	24,07	10.466,80	28,60 ab
T3	147,65	231,30	1,32	25,57	10.478,19	29,53 ab
T4	143,35	228,65	1,30	25,45	9.794,07	28,54 ab
T5	141,15	229,85	1,31	25,25	10.262,39	29,74 ab
T6	141,25	225,15	1,28	24,83	9.941,31	29,04 ab
T7	140,40	222,05	1,24	25,09	9.884,06	29,34 ab
T8	141,35	217,50	1,19	25,74	8.551,51	30,64 a
Média	144,01	225,04	1,28	25,05	9.929,62	29,13
CV%	2,85	3,04	4,80	3,74	8,19	3,29
DMS	9,73	16,21	0,15	2,22	1.929,64	2,27

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente (P<0,05) pelo Teste de Tukey. *Não significativo (P<0,05), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 11 - Índice de Clorofila Falker (ICF), determinado Clorofila A, B e Total (unidade Falker), nas folhas do milho RR2/LL (2B810PW), e qualidade das sementes colhidas após a maturidade fisiológica (%). Experimento II, Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2012/13

Tratamentos	Clorofila A*	Clorofila B*	Clorofila Total*	Vigor*	Germinação*
T1	38,43	13,14	51,57	92,50	94,25
T2	38,55	13,36	51,91	95,25	97,00
T3	38,22	13,84	52,06	92,75	95,00
T4	38,00	13,28	51,27	92,25	94,00
T5	38,79	13,61	52,41	90,00	94,50
T6	38,74	13,64	52,38	92,50	95,50
T7	38,14	13,49	51,65	92,00	93,25
T8	37,51	13,21	50,73	93,50	95,75
Média	38,30	13,45	51,75	92,59	94,91
CV%	2,14	5,20	2,80	3,98	3,02
DMS	1,95	1,66	3,44	8,74	6,80

*Não significativo (P<0,05), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

3.3.1.4 Experimento II realizado na safra 2013/14

Nesta segunda safra em que o experimento II foi realizado (2013/14), para as variáveis relacionadas ao desempenho agrônomo (Tabela 12), foi visualizada diferença para a avaliação da primeira altura e também para produtividade, em que na avaliação de altura, a associação tripla (tratamento 8) expressou menor valor que

os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 6. Já para produtividade, numericamente o tratamento 8 foi inferior aos demais, mas estatisticamente foi inferior só ao tratamento 3.

No experimento II, safra 2013/14, mais uma vez as variáveis relacionadas aos índices de clorofila e a qualidade dos grãos colhidos não apresentaram qualquer diferença estatística (Tabela 13).

Tabela 12 - Primeira altura das plantas (cm), segunda altura das plantas (cm), altura de inserção da espiga (m), diâmetro de colmo (mm), produtividade (kg.ha⁻¹) e massa de 100 grãos (g), do milho RR2/LL (2B810PW), submetido a aplicação de herbicidas isolados e associados. Experimento II, Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2013/14

Tratamentos	1ª Altura	2ª Altura*	Altura Inserção*	Diâmetro Colmo*	Produtividade*	Massa 100 grãos*
T1	118,04 a	202,66	106,60	20,00	10000,54 ab	30,79
T2	120,03 a	205,85	110,75	20,84	10168,03 ab	30,88
T3	117,00 a	198,67	107,53	20,82	10710,68 a	29,87
T4	118,85 a	200,22	105,44	25,90	10027,34 ab	29,62
T5	114,66 ab	204,44	104,25	20,81	9862,81 ab	30,57
T6	118,35 a	195,16	106,91	25,12	10255,80 ab	30,01
T7	114,41 ab	199,75	102,50	20,70	9460,58 ab	30,29
T8	116,41 b	193,04	101,44	20,59	8656,39 b	29,88
Média	115,97	199,97	105,68	20,62	9892,77	30,24
CV%	3,59	3,39	3,88	3,26	7,26	3,77
DMS	9,88	16,09	9,73	1,59	1703,50	2,70

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 13 - Índice de Clorofila Falker (ICF), determinando Clorofila A, B e Total (unidade Falker), nas folhas do milho RR2/LL (2B810PW), e qualidade das sementes colhidas após a maturidade fisiológica (%). Experimento II, Marechal Cândido Rondon-PR, safra 2013/14

Tratamentos	Clorofila A*	Clorofila B*	Clorofila Total*	Vigor*	Germinação*
T1	39,99	17,34	57,34	88,00	91,25
T2	39,39	16,65	56,05	83,50	87,25
T3	39,55	16,95	56,51	84,75	87,25
T4	39,08	16,27	55,35	83,25	86,50
T5	39,70	17,18	56,88	78,50	81,00
T6	38,60	15,60	54,21	80,00	82,75
T7	39,58	16,60	56,48	84,50	87,75
T8	39,86	17,10	56,96	82,25	84,75
Média	39,47	16,75	56,22	83,09	86,06
CV%	1,64	5,46	2,44	8,24	7,15
DMS	1,54	2,17	3,25	16,25	14,60

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

De acordo com os resultados do experimento II, nas duas safras, existe uma tendência, na qual a associação tripla traria danos ao crescimento e assim afetaria o potencial produtivo da cultura, mesmo não apresentando efeito visual (índices de clorofila) ou efeito sobre a qualidade dos grãos (vigor e germinação).

Considerando o momento da aplicação dos tratamentos, pode ter ocorrido interferência na definição do potencial produtivo, pensando na formação da espiga. Assim, entende-se porque diminuiu a produtividade em uma safra e aumentou a massa de grãos em outra safra, ou seja, com espigas menores seus grãos foram melhor formados, por serem os drenos prioritários da planta (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; FORNASIERI FILHO, 2007).

Ressalta-se que nas Tabelas 7, 9, 11 e 13 além dos resultados de clorofila expressos pelo índice Falker, também se observaram os dados de vigor e germinação. Estes foram quantificados na intenção de verificar efeitos dos tratamentos na qualidade dos grãos (produto final). Isso por meio da primeira contagem (indicativo de vigor) e segunda contagem (germinação) do teste de germinação, mas os resultados não demonstraram diferenças.

Cabe ressaltar que grão e semente são diferentes e que não é usual realizar testes de qualidade de sementes com materiais proveniente da colheita de híbridos de milho, mas, como já dito, estes testes foram realizados na tentativa de quantificar possíveis efeitos dos produtos aplicados sobre a qualidade do material colhido. Estresses bióticos ou abióticos influenciam no desenvolvimento das plantas e, consequentemente, na formação das sementes, afetando sua qualidade (MARCOS-FILHO, 2015), de forma semelhante um estresse xenobiótico causado pelos herbicidas poderia afetar o enchimento e a qualidade dos grãos.

Destaca-se, também, que foi realizada avaliação do índice de prolificidade e do estande para o experimento I e II nas duas safras nas quais foram conduzidos. Porém, estes resultados não estão representados em tabelas, pois foram aferidos somente para certificação de que não sofreram qualquer tipo de alteração em virtude dos tratamentos aplicados. Para o índice de prolificidade o valor foi muito próximo a um, na média, para todos os experimentos e, para estande, os valores variaram entre 3,2 e 3,4 plantas por metro.

3.3.2 Experimentos realizados em casa de vegetação

Os experimentos em casa de vegetação foram realizados com o intuito de melhorar a compreensão dos resultados encontrados nos experimentos conduzidos em campo. Foram conduzidos primeiramente em Piracicaba-SP, com os mesmos híbridos simples utilizados em campo e depois foram repetidos em Palotina-PR, com outro híbrido simples, para assim se ter a resposta dos tratamentos em mais de um genótipo. Também nestes experimentos foram realizadas avaliações que não puderam ser aferidas em campo, sempre pensando em alcançar respostas mais concretas sobre os efeitos dos tratamentos.

3.3.2.1 Experimento I realizado em Piracicaba-SP (2014)

Nesta primeira vez em que o experimento I foi conduzido em casa de vegetação, em Piracicaba-SP (USP/ESALQ), para as avaliações de altura das plantas (Tabela 14) ocorreu diferença aos 14 DAA, na qual os tratamentos 6 e 7 tiveram menor altura que o tratamento 3 e, também na avaliação de altura aos 28 DAA, na qual destaca-se o fato dos tratamentos 6 e 7 apresentarem menor altura que os tratamentos 2 e 3.

Tabela 14 – Aferições de altura (cm) das plantas de milho RR2 (30A91HR), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Tratamentos	Altura 7 DAA*	Altura 14 DAA	Altura 21 DAA*	Altura 28 DAA
T1	24,00	32,75 ab	42,75	57,00 abc
T2	25,00	33,50 ab	47,00	61,50 a
T3	27,50	35,75 a	47,00	61,75 a
T4	26,75	34,00 ab	46,25	60,75 ab
T5	26,25	32,00 ab	41,75	54,25 abc
T6	23,75	30,00 b	43,25	53,00 bc
T7	22,75	30,25 b	39,00	52,50 c
T8	24,75	31,50 ab	41,00	56,50 abc
Média	25,09	32,47	43,50	57,16
CV%	8,16	7,06	9,90	5,97
DMS	4,80	5,37	10,09	7,99

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Na Tabela 15, os resultados do índice SPAD demonstraram diferença somente para a aferição feita aos 14 DAA, na qual o tratamento 6 demonstrou menor índice que o tratamento 1.

Tabela 15 – Índice SPAD (unidade Minolta) aferido nas folhas do milho RR2 (30A91HR), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Tratamentos	SPAD 7 DAA*	SPAD 14 DAA	SPAD 21 DAA*	SPAD 28 DAA*
T1	35,30	38,77 a	36,45	38,41
T2	36,60	36,45 ab	37,95	41,37
T3	37,07	37,70 ab	36,52	39,15
T4	35,02	37,90 ab	37,47	36,17
T5	34,92	35,55 ab	36,72	40,77
T6	33,52	33,80 b	33,65	37,85
T7	32,85	34,37 ab	34,95	35,52
T8	36,62	37,65 ab	35,90	36,32
Média	35,26	36,52	36,24	38,20
CV%	7,62	5,76	5,32	8,91
DMS	6,31	4,93	4,51	7,97

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Na Tabela 16, somente o diâmetro de colmo não apresentou diferenças, as outras quatro variáveis relacionadas à massa demonstraram diferenças. Começando pela avaliação de massa fresca da parte aérea das plantas, tem-se um comportamento igual ao visto na avaliação de altura as 28 DAA (Tabela 14). Para massa seca da parte aérea das plantas, foi visto que os tratamentos 6 e 7 expressaram menores massas que os tratamentos 1, 2, 3 e 4.

Para massa seca da raiz das plantas, destaca-se que os tratamentos 7 e 8 apresentaram menores massas que os tratamentos 3 e 4. Na avaliação de massa seca total, os tratamentos 6 e 7 tiveram menor massa que os tratamentos 1, 2, 3 e 4, já o tratamento 8 teve menor massa que os tratamentos 2 e 3.

Tabela 16 – Aferições de diâmetro de colmo (mm), massa fresca da parte aérea (g), massa seca da parte aérea (g) massa seca da raiz (g) e massa seca total (g), do milho RR2 (30A91HR), aos 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Tratamentos	Diâmetro de Colmo*	Massa Fresca Parte Aérea	Massa Seca Parte Aérea	Massa Seca de Raiz	Massa Seca Total
T1	17,25	115,26 abc	23,18 a	9,38 abc	32,57 ab
T2	18,25	122,12 a	24,70 a	9,86 abc	34,56 a
T3	16,25	125,49 a	23,84 a	10,60 a	34,45 a
T4	15,50	117,11 ab	22,64 a	10,36 ab	33,01 ab
T5	15,75	104,65 abc	20,44 ab	8,53 bcd	28,98 abc
T6	14,75	84,57 bc	15,52 b	8,62 abcd	24,14 c
T7	14,00	79,83 c	14,14 b	8,14 cd	22,28 c
T8	16,75	99,28 abc	18,74 ab	7,10 d	25,84 bc
Média	16,06	106,04	20,40	9,07	29,48
CV%	16,44	14,82	13,34	9,63	11,14
DMS	6,23	36,82	6,38	2,05	7,69

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Os resultados encontrados neste experimento seguem o comportamento dos obtidos em campo, vindo a somar ao entendimento desses efeitos. Observando os tratamentos 6 e 8, entende-se que possivelmente o produto que veio a causar maiores problemas na associação tripla foi o nicosulfuron, pois esse herbicida quando isolado (tratamento 4) e principalmente quando associado ao glyphosate (tratamento 6) tende a causar danos ao milho RR2, logo para o híbrido simples aqui utilizado.

3.3.2.2 Experimento I realizado em Palotina-PR (2015)

Nesta segunda vez em que o experimento I foi conduzido em casa de vegetação, em Palotina-PR (UFPR), os tratamentos foram os mesmos, o fator alterado foi o híbrido de milho utilizado, que foi diferente do anterior.

Para as avaliações de altura das plantas (Tabela 17), houve diferença apenas na avaliação aos 21 DAA, na qual os tratamentos 2 e 4 tiveram menor altura que o tratamento 8, assim a resposta da cultura aos tratamentos foi diferente da verificada nos experimentos anteriores.

Tabela 17 - Aferições de altura (cm) das plantas de milho RR2/LL (30F53HR), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Altura 7 DAA*	Altura 14 DAA*	Altura 21 DAA	Altura 28 DAA*
T1	33,75	45,50	57,50 ab	73,00
T2	34,50	40,75	56,00 b	72,50
T3	38,00	46,25	59,50 ab	76,50
T4	35,25	42,00	54,50 b	79,75
T5	35,50	48,75	61,00 ab	75,25
T6	35,75	46,50	60,00 ab	77,25
T7	34,00	47,50	60,50 ab	70,75
T8	35,00	50,50	64,50 a	74,00
Média	35,22	45,97	59,19	74,88
CV%	6,77	9,25	5,68	6,39
DMS	5,58	9,96	7,87	11,20

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Nas avaliações de diâmetro de colmo das plantas (Tabela 18), teve-se diferença apenas na avaliação aos 28 DAA, na qual o tratamento 6 teve menor diâmetro que o tratamento 2, verificando assim uma correspondência parcial com os resultados dos experimentos anteriores.

Tabela 18 – Aferições de diâmetro de colmo (mm) das plantas de milho RR2/LL (30F53HR), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Diâmetro 7 DAA*	Diâmetro 14 DAA*	Diâmetro 21 DAA*	Diâmetro 28 DAA
T1	11,03	14,93	15,68	16,78 ab
T2	11,68	15,02	16,47	18,14 a
T3	11,95	15,53	16,09	16,87 ab
T4	10,91	15,20	15,60	16,95 ab
T5	11,48	14,90	15,24	16,67 ab
T6	11,12	14,32	14,80	15,67 b
T7	10,78	14,61	15,53	16,41 ab
T8	11,73	14,80	15,19	15,87 ab
Média	11,34	14,91	15,57	16,67
CV%	6,62	5,11	5,61	6,10
DMS	1,76	1,79	2,05	2,38

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Para os índices de clorofila A (Tabela 19), B (Tabela 20) e Total (Tabela 21), avaliados aos 7, 14, 21 e 28 DAA, não se teve qualquer diferença entre os tratamentos. De forma semelhante, para as avaliações de massa encontradas na Tabela 22, também não foram visualizadas diferenças.

Tabela 19 - Índice de Clorofila Falker (ICF), determinando Clorofila A (unidade Falker), nas folhas do milho RR2/LL (30F53HR), avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Clorofila A 7 DAA*	Clorofila A 14 DAA*	Clorofila A 21 DAA*	Clorofila A 28 DAA*
T1	34,60	28,40	36,87	29,95
T2	34,65	29,45	34,97	27,67
T3	35,22	27,58	35,27	30,20
T4	34,65	28,82	36,32	30,82
T5	35,15	31,30	37,77	26,72
T6	36,27	29,40	34,97	27,92
T7	36,37	29,62	36,77	29,32
T8	37,80	27,67	37,42	28,57
Média	35,60	29,03	36,30	28,90
CV%	7,77	8,37	5,76	9,47
DMS	6,48	5,69	4,89	6,41

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 20 - Índice de Clorofila Falker (ICF), determinando Clorofila B (unidade Falker), nas folhas do milho RR2/LL (30F53HR), avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Clorofila B 7 DAA*	Clorofila B 14 DAA*	Clorofila B 21 DAA*	Clorofila B 28 DAA*
T1	7,82	5,00	9,25	5,80
T2	8,77	5,30	8,80	4,72
T3	8,77	5,35	8,20	5,57
T4	8,07	5,17	8,72	6,17
T5	8,52	6,62	9,60	4,80
T6	9,10	5,65	8,32	5,70
T7	8,70	5,95	8,67	5,55
T8	9,37	5,07	9,37	5,27
Média	8,64	5,52	8,87	5,45
CV%	10,13	12,63	10,16	12,89
DMS	2,05	1,63	2,11	1,64

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 21 – Índice de Clorofila Falker (ICF), determinado Clorofila Total (unidade Falker), nas folhas do milho RR2/LL (30F53HR), avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Clorofila Total 7 DAA*	Clorofila Total 14 DAA*	Clorofila Total 21 DAA*	Clorofila Total 28 DAA*
T1	42,43	33,43	46,13	35,75
T2	43,43	34,75	43,78	32,40
T3	44,00	33,00	43,48	35,78
T4	42,73	34,00	45,05	37,00
T5	43,68	37,93	47,38	31,53
T6	45,38	35,05	43,30	33,63
T7	45,08	35,65	45,45	34,88
T8	47,18	32,75	46,80	33,85
Média	44,23	34,57	45,17	34,35
CV%	7,71	8,53	6,30	9,67
DMS	7,99	6,91	6,66	7,78

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 22 – Aferições de massa fresca da parte aérea (g), massa seca da parte aérea (g), massa seca da raiz (g) e massa seca total, do milho RR2/LL (30F35HR) aos 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento I, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Massa Fresca Parte Aérea*	Massa Seca Parte Aérea*	Massa Seca de Raiz*	Massa Seca Total*
T1	122,25	23,79	13,44	37,23
T2	126,75	23,30	12,14	35,44
T3	123,75	22,91	12,05	34,95
T4	123,00	23,07	13,32	36,39
T5	115,25	23,41	11,68	35,09
T6	119,75	23,45	12,60	36,05
T7	126,75	24,13	11,54	35,67
T8	117,25	23,54	13,11	36,65
Média	121,84	23,45	12,48	35,93
CV%	6,88	7,70	14,99	7,65
DMS	19,64	4,23	4,38	6,44

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T4 = nicosulfuron (50 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T7 = atrazine + nicosulfuron (2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + atrazine + nicosulfuron (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹ + 50 g i.a. ha⁻¹)

Neste segundo experimento realizado em casa de vegetação, foi alcançado maior número de variáveis que no primeiro, mas o comportamento da cultura em relação aos tratamentos foi diferente, isso pode ter ocorrido principalmente devido ao híbrido de milho utilizado, o qual foi diferente do utilizado em campo e no primeiro experimento em casa de vegetação. Este fato demonstra a diferença na resposta da planta de acordo com o genótipo utilizado. De acordo com Cavalieri et al. (2010),

dependendo da procedência do híbrido, este pode ser mais ou menos tolerante ao nicosulfuron, o que pode ser justificado pela maior ou menor capacidade dos híbridos de absorver, translocar e metabolizar a molécula.

Pensando-se principalmente no nicosulfuron que apresentou danos potenciais no outro híbrido, neste híbrido esse efeito não se repetiu da mesma forma, provavelmente devido à sensibilidade ou tolerância diferencial entre os genótipos e a este herbicida. O mesmo pode valer para a associação deste produto com os outros estudados.

3.3.2.3 Experimento II realizado em Piracicaba-SP (2014)

Nessa primeira vez em que o experimento II foi conduzido em casa de vegetação, em Piracicaba-SP (USP/ESALQ), para as avaliações de altura das plantas (Tabela 23) teve-se diferença na avaliação aos 28 DAA, na qual o tratamento 6 teve menor altura que o tratamento 2 e 3.

Tabela 23 – Aferições de altura (cm) das plantas de milho RR2/LL (2B810PW), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Tratamentos	Altura 7 DAA*	Altura 14 DAA*	Altura 21 DAA*	Altura 28 DAA
T1	27,25	36,75	49,75	66,25 ab
T2	27,50	37,75	51,50	68,25 a
T3	27,25	32,37	48,00	68,00 a
T4	27,25	37,75	50,75	64,25 ab
T5	25,25	34,87	48,75	65,50 ab
T6	26,00	32,50	45,00	57,25 b
T7	28,00	35,50	46,50	65,50 ab
T8	26,00	32,00	44,00	60,00 ab
Média	26,81	34,94	48,03	64,38
CV%	8,06	12,07	7,51	6,95
DMS	5,06	9,88	8,45	10,49

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Na Tabela 24, os resultados do índice SPAD, avaliados aos 7, 14, 21 e 28 DAA, não demonstraram diferença entre os tratamentos aplicados.

Tabela 24 – Índice SPAD (unidade Minolta), aferido nas folhas do milho RR2/LL (2B810PW), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Tratamentos	SPAD 7 DAA*	SPAD 14 DAA*	SPAD 21 DAA*	SPAD 28 DAA*
T1	41,45	35,70	38,57	43,77
T2	38,12	37,85	41,00	43,52
T3	40,57	38,58	42,37	40,97
T4	40,12	36,40	40,87	43,52
T5	41,35	35,92	43,97	39,20
T6	38,87	37,90	42,42	41,77
T7	40,25	38,97	42,07	42,15
T8	39,12	36,72	41,60	42,30
Média	39,98	37,26	41,62	42,15
CV%	7,38	5,75	7,23	7,47
DMS	6,91	5,02	7,05	7,38

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Na Tabela 25, a avaliação de massa fresca da parte aérea das plantas demonstrou que o tratamento 8 (associação tripla) apresentou menor massa que os tratamentos 1, 2 e 5. Para massa seca da parte aérea das plantas, foi visto que o tratamento 8 expressou menor massa que os tratamentos 1, 2, 5 e 7.

Tabela 25 – Aferições de diâmetro de colmo (mm), massa fresca da parte aérea (g), massa seca da parte aérea (g) massa seca da raiz (g) e massa seca total (g), do milho RR2/LL (2B810PW), aos 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Piracicaba-SP, casa de vegetação (2014)

Tratamentos	Diâmetro de Colmo*	Massa Fresca Parte Aérea	Massa Seca Parte Aérea	Massa Seca de Raiz*	Massa Seca Total*
T1	17,50	145,09 a	27,18 a	12,32	39,50
T2	18,00	142,66 a	27,28 a	12,30	39,58
T3	17,00	120,14 ab	24,28 ab	12,88	37,16
T4	15,50	112,37 ab	21,46 ab	10,86	32,32
T5	16,50	141,41 a	26,54 a	11,92	38,46
T6	14,50	113,65 ab	21,68 ab	10,30	31,99
T7	16,00	122,03 ab	26,12 a	11,51	37,64
T8	15,75	96,77 b	17,28 b	11,42	28,69
Média	16,34	124,26	23,98	11,69	35,67
CV%	13,26	14,74	15,48	14,62	13,19
DMS	5,08	42,91	8,70	4,00	11,02

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Para este experimento realizado em casa de vegetação, os resultados para as variáveis seguiram o padrão geral de comportamento que havia sido observado nos experimentos de campo, ou seja, um dos principais efeitos a serem notados é o potencial deletério da aplicação da associação dos três herbicidas (tratamento 8), sobre o milho RR2/LL. Porém, neste sentido também cabe destacar a ausência de sintomas visuais nas plantas, fato este confirmado pela falta de direções entre os tratamentos, nas aferições de altura e de índice SPAD que foram realizadas.

3.3.2.4 Experimento II realizado em Palotina-PR (2015)

Nesta segunda vez em que o experimento II foi conduzido em casa de vegetação, em Palotina-PR (UFPR), os tratamentos foram os mesmos, o fator alterado foi o híbrido de milho utilizado, que foi diferente do anterior.

Para as avaliações de altura das plantas (Tabela 26), observa-se diferença na avaliação aos 7 DAA, na qual destaca-se que o tratamento 8 teve menor altura que os tratamentos 4, 5, 6 e 7. Aos 14 DAA a altura do tratamento 8 foi menor que nos tratamentos 1, 3, 4 e 5, e aos 28 DAA a altura do tratamento 8 foi menor que dos tratamentos 1 e 3.

Tabela 26 – Aferições de altura (cm) das plantas de milho RR2/LL (30F35HR), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Altura 7 DAA	Altura 14 DAA	Altura 21 DAA*	Altura 28 DAA
T1	30,75 abc	44,50 a	58,75	79,00 a
T2	28,75 bc	39,00 ab	55,00	71,00 ab
T3	30,75 abc	41,25 a	56,75	79,25 a
T4	35,00 a	43,25 a	54,50	74,75 ab
T5	33,75 ab	45,25 a	59,00	74,50 ab
T6	32,50 ab	39,50 ab	54,00	71,50 ab
T7	32,50 ab	39,75 ab	58,25	71,00 ab
T8	26,00 c	31,25 b	52,75	63,25 b
Média	31,25	40,47	56,13	73,16
CV%	7,87	9,43	9,09	7,06
DMS	5,76	8,94	11,94	12,10

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Nas avaliações de diâmetro de colmo das plantas (Tabela 27) não teve diferenças, da mesma forma que não houve para a grande maioria das vezes em que está variável foi aferida, isto por se tratar de uma característica fortemente atrelada ao híbrido simples utilizado e que dificilmente sofre grandes alterações.

Tabela 27 – Aferições de diâmetro de colmo (mm) das plantas de milho RR2/LL (30F35HR), aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Diâmetro 7 DAA*	Diâmetro 14 DAA*	Diâmetro 21 DAA*	Diâmetro 28 DAA*
T1	11,01	14,15	14,51	15,13
T2	11,18	13,21	14,39	14,79
T3	11,78	15,21	16,24	16,73
T4	11,58	15,21	16,11	16,48
T5	11,65	15,34	16,05	16,45
T6	11,33	14,06	15,97	16,37
T7	11,38	15,43	16,10	16,46
T8	11,35	13,85	14,77	14,86
Média	11,41	14,56	15,52	15,91
CV%	9,04	7,97	6,78	6,60
DMS	2,42	2,72	2,47	2,46

*Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Observando os índices de clorofila A (Tabela 28), nota-se diferença para a avaliação aos 14 DAA, na qual o tratamento 5 apresentou menor índice que o tratamento 2. Para os índices de clorofila B (Tabela 29), também houve diferença para a avaliação aos 14 DAA, na qual o tratamento 7 apresentou menor índice que o tratamento 2 e os tratamentos 4 e 5 apresentaram menor índices que os tratamentos 1 e 2. Finalizando os resultados de clorofila, para os índices de clorofila total (Tabela 30), novamente, se teve diferença para a avaliação aos 14 DAA, na qual o tratamento 5 apresentou menor índice que o tratamento 1 e 2.

Tabela 28 – Índice de Clorofila Falker (ICF), determinando Clorofila A (unidade Falker), nas folhas do milho RR2/LL (30F53HR), avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Clorofila A 7 DAA*	Clorofila A 14 DAA	Clorofila A 21 DAA*	Clorofila A 28 DAA*
T1	38,18	30,35 ab	35,10	30,30
T2	36,65	30,88 a	35,23	29,08
T3	35,88	29,73 ab	37,55	28,75
T4	37,03	27,08 ab	36,13	28,18
T5	36,25	25,40 b	37,78	31,25
T6	36,18	30,33 ab	36,58	30,43
T7	34,95	28,48 ab	32,83	27,10
T8	36,35	29,78 ab	34,85	29,68
Média	36,43	29,00	35,75	29,34
CV%	4,69	8,03	6,67	8,77
DMS	4,00	5,46	5,59	6,03

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 29 – Índice de Clorofila Falker (ICF), determinando Clorofila B (unidade Falker), nas folhas do milho RR2/LL (30F53HR), avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Clorofila B 7 DAA*	Clorofila B 14 DAA	Clorofila B 21 DAA*	Clorofila B 28 DAA*
T1	9,55	6,60 ab	9,38	5,58
T2	9,08	6,68 a	9,00	5,20
T3	9,88	5,48 abc	9,78	5,40
T4	9,55	4,93 c	8,60	5,20
T5	8,65	4,55 c	9,15	6,13
T6	8,78	5,60 abc	9,35	5,38
T7	8,30	5,18 bc	8,95	5,03
T8	8,83	5,55 abc	8,70	5,40
Média	9,08	5,57	9,11	5,41
CV%	9,15	11,03	9,24	13,17
DMS	1,95	1,44	1,97	1,67

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Tabela 30 – Índice de Clorofila Falker (ICF), determinando Clorofila Total (unidade Falker), nas folhas do milho RR2/LL (30F53HR), avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Clorofila Total 7 DAA*	Clorofila Total 14 DAA	Clorofila Total 21 DAA*	Clorofila Total 28 DAA*
T1	47,73	36,95 a	44,48	35,88
T2	45,73	37,55 a	44,23	34,28
T3	45,75	35,20 ab	47,33	34,15
T4	46,58	32,00 ab	44,73	33,38
T5	44,90	29,93 b	46,93	37,38
T6	44,95	35,93 ab	45,93	35,80
T7	43,25	33,65 ab	41,78	32,13
T8	45,18	35,33 ab	43,55	35,08
Média	45,51	34,57	44,87	34,76
CV%	5,03	7,95	6,78	9,27
DMS	5,36	6,44	7,13	7,54

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

De forma geral, para os índices de clorofila, neste experimento, a aplicação de glyphosate associado ao glufosinato (tratamento 5), resultou em menor índice de clorofila A, B e Total, aos 14 DAA, que o glyphosate aplicado isoladamente (tratamento 2). Isto denota possibilidade de efeito negativo na associação dos dois produtos para o milho RR2/LL. Este é um importante aspecto a ser investigado, levando em consideração o imenso potencial de utilização destas tecnologias transgênicas que conferem tolerância a herbicidas (RR2/LL) e ao mesmo tempo a falta de resultados de pesquisas nesse sentido.

Na Tabela 31, tanto para a avaliação da massa fresca da parte aérea das plantas, quanto para a avaliação da massa seca total das plantas, o tratamento 8 demonstrou menor massa que o tratamento 5.

Tabela 31 – Aferições de massa fresca da parte aérea (g), massa seca da parte aérea (g), massa seca da raiz (g) e massa seca total, do milho RR2/LL (30F53HR), aos 28 dias após a aplicação de oito tratamentos compostos por herbicidas isolados e associados. Experimento II, Palotina-PR, casa de vegetação (2015)

Tratamentos	Massa Fresca Parte Aérea	Massa Seca Parte Aérea*	Massa Seca de Raiz*	Massa Seca Total
T1	125,50 ab	21,04	9,59	30,63 ab
T2	117,25 ab	21,36	9,65	31,01 ab
T3	113,25 ab	22,55	11,17	33,72 ab
T4	121,00 ab	23,06	11,57	34,63 ab
T5	128,25 a	23,55	11,44	34,98 a
T6	117,50 ab	21,53	10,81	33,33 ab
T7	121,75 ab	22,78	10,98	32,76 ab
T8	106,50 b	19,85	9,79	29,64 b
Média	118,88	21,96	10,62	32,59
CV%	7,23	7,87	9,61	6,82
DMS	20,14	4,05	2,39	5,21

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. *Não significativo ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey

T1 = controle; T2 = glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹); T3 = amônio-glufosinato (500 g i.a. ha⁻¹); T4 = atrazine (2000 g i.a. ha⁻¹); T5 = glyphosate + amônio-glufosinato (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹); T6 = glyphosate + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T7 = amônio-glufosinato + atrazine (500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹); T8 = glyphosate + amônio-glufosinato + atrazine (1080 g e.a. ha⁻¹ + 500 g i.a. ha⁻¹ + 2000 g i.a. ha⁻¹)

Mesmo com a utilização de outro híbrido de milho neste experimento, e também considerando o maior número de variáveis obtidas, ainda permanece o padrão de comportamento que foi observado no primeiro experimento em casa de vegetação (realizado em Piracicaba-SP com o mesmo híbrido utilizado em campo) e nos experimentos de campo, ou seja, que uma das principais respostas a serem enfatizadas é potencial de dano relacionado à aplicação da associação de glyphosate, amônio-glufosinato e atrazine (tratamento 8), sobre o milho RR2/LL.

3.3.3 Discussão final

Ressalta-se que em todos os experimentos em campo e em casa de vegetação, foi efetuada análise visual de fitointoxicação, mas sem incluir notas, pois não foram percebidos sintomas significativos dos tratamentos aplicados sobre a coloração e desenvolvimento das plantas. Esse fato está relacionado à falta de diferenças nas avaliações de índices de clorofila que foram realizadas, em que na maioria delas não houve diferenças, inclusive em nenhuma das aferições de índices de clorofila realizadas nos experimentos de campo.

Com relação ao experimento I (glyphosate, atrazine e nicosulfuron aplicados isolados e associados), como já previamente discutido, a questão que mereceu

maior atenção foi o nicosulfuron, devido aos danos que este herbicida pode causar, dependendo do híbrido de milho utilizado e, conseqüentemente, não é indicada a associação dos três herbicidas utilizados neste estudo.

Até poucos anos, haviam mais trabalhos disponíveis demonstrando quais híbridos de milho apresentavam mais sensibilidade ao nicosulfuron (PEREIRA FILHO; OLIVEIRA; PIRES, 2000; CAVALIERI et al., 2008, 2010). Os técnicos de campo tinham acesso mais facilmente a estas informações e possuíam até tabelas demonstrando quais materiais eram mais sensíveis (VARGAS; PEIXOTO; ROMAN, 2006), mas hoje faltam resultados sobre o posicionamento de nicosulfuron em novos híbridos de milho transgênicos, tolerantes a glyphosate e amônio-glufosinato.

Com relação ao experimento II (glyphosate, amônio-glufosinato e atrazine aplicados isolados e associados), como já exposto, em todos os ensaios conduzidos o maior destaque foi para os danos oriundos da aplicação dos três herbicidas associados, devendo, então, evitar essa prática. Também faltam resultados na literatura neste sentido, desta forma, acredita-se que este trabalho vem cobrir lacunas na pesquisa atual.

Sobre experimento I e II, em ambos, a atrazine não apresentou danos ao milho RR2/LL, corroborando com informações expostas na literatura para o milho convencional (DAN et al., 2011). O glyphosate na dose utilizada também não trouxe prejuízos à cultura para ambos experimentos. Entretanto, nos dois experimentos a associação dos três herbicidas utilizados não foi benéfica.

Mesmo existindo problemas relacionados à associação de herbicidas nos novos híbridos de milho RR2/LL, essa é uma prática que precisa ser preservada (AZEVEDO, 2015). Shaner (2000) destaca que o uso intensivo de glyphosate nas culturas RR acarreta em problemas, principalmente na seleção de biótipos resistentes. Também pesquisadores brasileiros alertam que híbridos de milho tolerantes a herbicidas exigem atenção redobrada de práticas de manejo, principalmente devido à seleção de plantas daninhas resistentes (KARAM; OLIVEIRA; GAZZIERO, 2010).

Nesse mesmo sentido, é importante a utilização de novas tecnologias que conferem a tolerância a diferentes herbicidas, proporcionando, assim, condições favoráveis para a rotação de mecanismos de ação (RIAR et al., 2013; BARROSO et al., 2015). Lembra-se, ainda, que os híbridos de milho encontrados no mercado com a tecnologia de proteção contra insetos, originada pela introdução do gene *cry* 1F,

proveniente de um microrganismo que ocorre naturalmente no solo (*Bacillus thuringiensis* - Bt), apresentam também a tecnologia Liberty Link (LL), que foi introduzida como marcador de seleção durante o processo de desenvolvimento do evento (OLIVEIRA JR., 2011).

Estes híbridos de milho com tolerância ao glusinato de amônio (LL) são comercializados no Brasil há vários anos (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015) e passavam despercebidos, mas atualmente estão recebendo mais atenção, devido a possibilidade do uso deste herbicida em pós-emergência, juntamente com outros herbicidas. Resultados de trabalhos conduzidos por pesquisadores norte-americanos demonstram vantagens do uso dessa tecnologia no milho, se tornando mais uma opção para o controle de plantas daninhas problemáticas no sistema de produção (HAMILL et al., 2000; BRADLEY et al., 2000; RITTER; MENBERE, 2001).

Neste cenário de vários eventos transgênicos e plantas daninhas resistentes, Gazziero (2015) relata que a associação de herbicidas é extremamente empregada na prática, apresentando vantagens e desvantagens, mas é consenso que a maioria dos técnicos da área afirmam desconhecer ou consideram insuficientes as informações sobre misturas em tanque, mesmo sendo uma prática comum.

Espera-se que com as respostas alcançadas nestes experimentos haja um melhor posicionamento de herbicidas em milho apresentando as tecnologias RR2/LL, visando, assim, uma utilização mais segura e sustentável destas tecnologias, pois faltam trabalhos estudando associações de herbicidas nos novos híbridos de milho transgênicos.

3.4 Conclusões

Com base nos resultados expostos e discutidos pode-se concluir que:

Para o experimento I, as aplicações de glyphosate e atrazine, isolados ou associados, não resultaram em danos ao milho transgênico. O limitante foi o nicosulfuron, que apresentou potencial em causar danos à cultura, porém estes danos são diferenciais de acordo com o híbrido de milho.

Para o experimento II, as aplicações isoladas ou associadas, duas a duas, de glyphosate, amônio-glufosinato e atrazine, não causaram grandes danos. Porém a aplicação dos três herbicidas associados pode resultar em efeitos deletérios ao desenvolvimento do milho RR2/LL.

Referências

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. p. 25-45.

AZEVEDO, L.A.S. Mistura em tanque de herbicidas. In: _____. **Misturas de tanque de produtos fitossanitários: teoria e prática**. Rio de Janeiro: IMOS Gráfica e Editora, 2015. v. 1, cap. 6, p. 89 -113.

BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, A.J.P.; ADEGAS, F.S.; ALVES, P.L.C.A.; TOLEDO, R. E. Manejo integrado do capim-amargoso. In: BARROSO, A.A.M.; ALVES, P.L.C.A. (Org.). **Biologia e manejo da resistência do capim-amargoso no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 2015. v. 1, p. 45-65.

BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. **Milho: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 351 p.

BRADLEY, P.R.; JOHNSON, W.G.; HART, S.E.; BUESINGER, M.L.; MASSEY, R.E. Economics of weed management in glufosinate-resistant corn (*Zea mays* L.) 1. **Weed Technology**, Lawrence, v. 14, n. 3, p. 495-501, 2000.

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

CAVALIERI, S.D.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; RIOS, F.A.; FRANCHINI, L.H.M. Tolerance of corn hybrids to nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 203-214, 2008.

CAVALIERI, S.D.; DE OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; ALONSO, D. G.; DE ARANTES, J. G. Z.; CANOSSA, R. S. Contrastes entre procedências de híbridos de milho em relação à suscetibilidade aos herbicidas nicosulfuron e isoxaflutole. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 811-822, 2010.

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

DAN, H.A.; BARROSO, A.L.D.L.; BRAZ, G.B.P.; DAN, L.G.D.M.; FERREIRA FILHO, W.C.; MENEZES, C.C.E.; AZAMBUJA, U.S. Seletividade do nicosulfuron e da mistura com atrazine na cultura do milho. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 10, p. 243-252, 2011.

EMBRAPA. **Sistema de Produção: cultivo do milho**. 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/index.htm> Acesso em: 13 maio 2015.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

FALKER. **Medidor eletrônico de teor de clorofila - clorofiLOG**. 2009. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/Produto.php?id=4>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

FANCELLI, A.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2004. 360 p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.

GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; JUMES, T.M.C.; GHENO, E. A. A.; RIO, F.A.; FRANCHINI, L.H.M. Estratégias para o controle de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate na cultura milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 12, n. 2, p. 162-170, 2013.

HAMILL, A.S.; KNEZEVIC, S.Z.; CHANDLER, K.; SIKKEMA, P.H.; TARDIF, F.J.; SHRESTHA, A.; SWANTON, C. J. Weed control in glufosinate-resistant corn (*Zea mays*) 1. **Weed Technology**, Lawrence, v. 14, n. 3, p. 578-585, 2000.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds**. 2013. Disponível em: <http://www.weedscience.org/In.asp>. Acesso em: 10 out. 2015.

_____. **International survey of herbicide resistant weeds**. 2016. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/Summary/MOA.aspx?MOAID=12>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

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

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

KARAM, D.; OLIVEIRA, M.F.D.; GAZZIERO, D.L.P. Variedades de milho resistentes a herbicidas exigem atenção redobrada de práticas de manejo. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n. 130, p. 24-26, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 659 p.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, Lubbock, v. 46, n. 3, p. 467-472, 1995.

MELO, M.S.C.; ROSA, L.E.; BRUNHARO, C.A.D.G.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 2, n. 11, p. 195-203, 2012.

OLIVEIRA JR., R.S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 7. p. 154 – 192.

PEREIRA FILHO, I.A.; OLIVEIRA, M.F.; PIRES, N.M. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 479-482, 2000.

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. 309 p.

RIAR, D.S.; NORSWORTHY, J.K.; STECKEL, L.E.; STEPHENSON, D.O.; EUBANK, T. W.; BOND, J.; SCOTT, R. C. Adoption of best management practices for herbicide-resistant weeds in Midsouthern United States cotton, rice, and soybean. **Weed Technology**, Champaign, v. 27, n. 4, p. 788-797, 2013.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informativo POTAFOS**, Piracicaba, v. 15, n. 103, p. 20, 2001.

RITTER, R.L.; MENBERE, H. Weed management systems utilizing glufosinate-resistant corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) 1. **Weed technology**, Lawrence, v. 15, n. 1, p. 89-94, 2001.

SHANER, D.L. The impact of glyphosate-tolerant crops on the use of other herbicides and on resistance management. **Pest Management Science**, Malden, v. 56, n. 4, p. 320-326, 2000.

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: UFV, 2009. cap. 2, p. 63-81.

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

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

VARGAS, L.; PEIXOTO, C.M.; ROMAN, E.S. **Manejo de plantas daninhas na cultura de milho**: principais herbicidas indicados para cultura de milho no sistema plantio direto e no preparo convencional do solo. Embrapa Trigo, 2006. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61_13.htm>. Acesso em: 10 abr. 2016.

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.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados expostos e discutidos, compreende-se que as respostas para as formulações e manejos de glyphosate, foram semelhantes, mas existem interferências potenciais causadas pela aplicação de altas doses de glyphosate (principalmente acima de $1440 \text{ g e.a.ha}^{-1}$), sobre o milho RR2. Também constatou-se que as aplicações de nicosulfuron e associações triplas de herbicidas podem resultar em efeitos deletérios nos novos híbridos de milho RR2/LL.

Com estas informações, espera-se que possa ser mais bem entendido o real impacto da aplicação de glyphosate e de associação deste produto com outros herbicidas, sobre o comportamento do milho transgênico tolerante a herbicidas, visando, assim, proporcionar condições que favoreçam o uso sustentável destas tecnologias e herbicidas pelos agricultores.