

**UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**CONTROLE QUÍMICO DO MILHO VOLUNTÁRIO RESISTENTE AO  
HERBICIDA GLYPHOSATE**

**VINICIUS MARCA**

*Magister Scientiae*

**RIO VERDE**  
**GOIÁS - BRASIL**

**2015**

**VINICIUS MARCA**

**CONTROLE QUÍMICO DO MILHO VOLUNTÁRIO RESISTENTE AO  
HERBICIDA GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

**RIO VERDE  
GOIÁS - BRASIL  
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)  
Elaborada por Izaura Ferreira Neta - Bibliotecária CRB1-2771**

M262c Marca, Vinícius.

Controle químico de milho voluntário resistente ao herbicida glyphosate /  
Vinícius Marca - 2015.

59f. : tabs.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio de Oliveira Procópio.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em  
agronomia, Faculdade de agronomia, Universidade de Rio Verde – UniRV,  
2015.

Biografia.

Inclui índice de tabelas.

1. Agronomia. 2. Milho. 3. Controle químico. I. Título. II. Autor. III.  
Orientador.

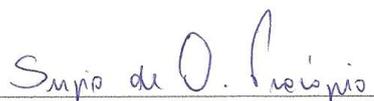
CDU: 633.15

VINÍCIUS MARCA MARCELINO DE LIMA

**CONTROLE QUÍMICO DO MILHO VOLUNTÁRIO RESISTENTE AO HERBICIDA  
GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVADO: 26 de março de 2015

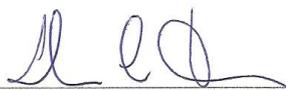


Prof. Dr. Sérgio de Oliveira Procópio  
Presidente da Banca Examinadora

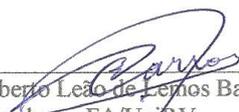
Membro – FA/UniRV/Embrapa Tabuleiros Costeiros



Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva  
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Hugo de Almeida Dan  
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Alberto Leão de Lemos Barroso  
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Adriano Jakelaitis  
Membro IF Goiano – Rio Verde

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus, a minha mãe Lourdes a meu irmão Moisés, e a meus demais familiares e amigos que diretamente e indiretamente me auxiliaram na confecção deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Seria impossível citar aqui os nomes de todos que me auxiliaram a trilhar o caminho que tornou possível este trabalho. Porém, na tentativa lembrar de alguns, seguem os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar a Deus e minha família que me forneceram o alicerce e me apoiaram durante todo o transcorrer do curso.

Especialmente agradeço ao meu amigo Marcelo Rafael Volf por todo empenho e dedicação que ofereceu a me ajudar, nas idas e vindas de para Rio Verde, e como um amigo de todos momentos.

Agradeço especialmente a meu amigo e colega de trabalho Fagner Luz Pimentel, que colaborou na confecção e coleta de dados das pesquisas, o qual compartilhei junto momentos de apuros e aventura durante esta jornada (incluindo animais selvagens).

Agradeço a meu orientador Sergio de Oliveira Procópio e a meu co-orientador Alessandro Guerra da Silva, os quais sempre se mantiveram atentos nas correções do trabalho e ao desenvolvimento da pesquisa, e pelo esforço exercido na conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos professores os quais tive o prazer de compartilhar conhecimentos no programa de pos graduação em produção vegetal da UniRV, entre estes o professor Gustavo, prof. June, prof. Alberto, Carlos César, Braz, prof. Alessandro, em especial a Rízia que sempre compartilhou sua paciência e dedicação a nos ajudar.

A TODOS FAMILIARES, AMIGOS, PROFESSORES E COLEGAS que participaram direta e indiretamente deste sonho, Muito Obrigado.

## EPÍGRAFE

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria, se aprende é com a vida e com os humildes” (Cora Coralina)

## **BIOGRAFIA**

VINICIUS MARCA, filho de Lourdes Terezinha Marca e José Marcelino de Lima, nasceu no dia 4 de dezembro de 1988, em Nova Xavantina, Mato Grosso. Em 2007, ingressou no Curso de Agronomia da Universidade de Mato Grosso, graduando-se em dezembro de 2012. Iniciou o curso de mestrado em Produção Vegetal pela UniRV- Universidade de Rio Verde, em fevereiro de 2013 , defendendo a dissertação no dia 19 de março de 2015.

## SUMÁRIO

1.	LISTA DE TABELAS .....	xi
2.	RESUMO .....	xiii
3.	ABSTRACT .....	xiv
4.	INTRODUÇÃO GERAL .....	15
5.	ARTIGO 1.....	17
	5.1. Resumo.....	17
	5.2. Abstract .....	17
	5.3. Introdução .....	18
	5.4. Material e Métodos.....	20
	5.5. Resultados e Discussão.....	22
	5.6. Conclusões .....	27
	5.7. Referências Bibliográficas.....	27
6.	ARTIGO 2.....	30
	6.1. Resumo.....	30
	6.2 Abstract .....	30
	6.3. Introdução .....	31
	6.4. Material e Métodos.....	33
	6.5. Resultados e Discussão.....	35
	6.6. Conclusões .....	41
	6.7. Referências Bibliográficas.....	42
7.	ARTIGO 3.....	46
	7.1. Resumo.....	46
	7.2. Abstract .....	46
	7.3. Introdução .....	47
	7.4. Material e Métodos.....	48
	7.5. Resultados e Discussão.....	50

7.6. Conclusões .....	55
7.7. Referências Bibliográficas.....	56
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59

## 1. LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

- Tabela 1. Descrição dos tratamentos herbicidas avaliados para o controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate. Nova Xavantina-MT. 2014.....21
- Tabela 2. Altura de plantas de milho resistente ao glyphosate após a aplicação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação, no estágio fenológico V3. Nova Xavantina-MT. 2014. ...23
- Tabela 3. Controle avaliado visualmente e massa da matéria seca da parte aérea (MS) de plantas de milho após a aplicação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação, no estágio fenológico V3. Nova Xavantina-MT. 2014.....25

### ARTIGO 2

- Tabela 1. Herbicidas avaliados para o controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate. Nova Xavantina-MT. 2014..... **Erro! Indicador não definido.**0
- Tabela 2.. Redução na altura de plantas e controle avaliado visualmente de milho resistente ao glyphosate após a aplicação de diferentes herbicidas, nos estádios fenológicos V2, V4 e V6. Nova Xavantina-MT. 2014.....25
- Tabela 3 Redução da massa da matéria seca da parte aérea de plantas de milho resistente ao glyphosate após a aplicação de diferentes herbicidas, em três estádios de desenvolvimento. Nova Xavantina-MT. 2014.. .....27

### ARTIGO 3

- Tabela 1. Descrição dos tratamentos herbicidas utilizados para o controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate, avaliados com ou sem a associação ao herbicida glyphosate. Nova Xavantina-MT. 2014.....37
- Tabela 2. Altura de plantas e controle avaliado visualmente de milho RR<sup>®</sup> após a aplicação de diferentes herbicidas no estágio fenológico V3, com e sem a adição de glyphosate. Nova Xavantina-MT. 2014. ....40

Tabela 3. Massa da matéria seca da parte aérea de plantas de milho RR<sup>®</sup> após a aplicação de diferentes herbicidas no estágio fenológico V3, com e sem a adição de glyphosate, avaliada aos 45 dias após a aplicação. Nova Xavantina-MT. 2014.....42

## 2. RESUMO

Marca, Vinicius, M.S., UniRV - Universidade de Rio Verde, março de 2015. **Controle químico de milho voluntário resistente ao herbicida glyphosate**. Orientador: Prof. Dr. Sérgio de Oliveira Procópio. Co-orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva

A ocorrência de plantas voluntárias de milho resistentes ao glyphosate vem se intensificando nos últimos anos em diversas regiões do Brasil, causando sérios problemas na cultura da soja cultivada em sucessão ao milho. Decorrente desse cenário, o objetivo do trabalho foi selecionar herbicidas de diferentes mecanismos de ação eficientes para o controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate, em diferentes estádios de desenvolvimento e compatíveis para aplicações associadas ao herbicida glyphosate. Para isso foram conduzidos três experimentos em Nova Xavantina–MT, entre os meses de julho a outubro de 2014, em área com sistema de irrigação do tipo pivô central. Foi utilizado para as avaliações grãos da geração F2 do híbrido AG 8061 VT PRO2<sup>®</sup>. O delineamento experimental utilizado em todos os experimentos foi o de blocos casualizados. Os herbicidas cyhalofop-butyl, fluazifop-p-butyl, e imazethapyr foram eficientes no controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate, em aplicações no estádio V3. Não apresentaram eficiência satisfatória os herbicidas chlorimuron-ethyl, carfentrazone-ethyl, fomesafen, saflufenacil e flumioxazin. Quando aplicados nos estádios V2, V3 e V4 os herbicidas paraquat, haloxyfop-p-methyl, tepraloxym, sethoxydim e fenoxaprop-p-ethyl foram eficientes no controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate, já no estádio V6 o herbicida paraquat demonstrou-se ineficiente, diferentemente dos inibidores de ACCase que obtiveram controle acima de 80%. Quando misturados com glyphosate os herbicidas haloxyfop-p-methyl, tepraloxym e fenoxaprop-p-ethyl apresentaram maior velocidade no controle das plantas de milho RR<sup>®</sup>.

Palavras-chave: *Zea mays*, herbicidas, plantas daninhas.

### 3. ABSTRACT

Marca, Vinicius, M.S., UniRV - University of Rio Verde, march of 2015. Chemical control of volunteer maize resistant to the herbicide glyphosate. Advisor: Prof. Dr. Sérgio de Oliveira Procópio. Co-advisor: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva

The occurrence of volunteer corn plants resistant to glyphosate has intensified in recent years in several regions of Brazil, causing serious problems in soybean grown in succession to maize. According to this reality, the aim was to select herbicides of different mechanisms of efficient action control of volunteer plants of maize resistant to glyphosate, at different stages of development and compatible for applications related to glyphosate. There were performed three experiments in Nova Xavantina-MT, from July to October 2014, in an area with center pivot irrigation system. There were used for evaluations F2 grain the hybrid AG 8061 VT PRO2®. The experimental design used in all experiments was a randomized complete block. The herbicides cyhalofop-butyl, fluazifop-p-butyl, and imazethapyr were efficient in controlling maize plants resistant to glyphosate, in applications in the V3 stage. It does not demonstrate satisfactory efficiency the herbicides chlorimuron-ethyl, carfentrazone-ethyl, fomesafen, saflufenacil and flumioxazin. When applied in stages V2, V3 and V4 the paraquat herbicide, haloxyfop-methyl-p, tepraloxym, sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl were efficient in controlling maize plants resistant to glyphosate, but V6 stage paraquat herbicide has been demonstrated inefficient, unlike the ACCase inhibitors that control had over 80%. the herbicides haloxyfop-p-methyl, tepraloxym and fenoxaprop-p-ethyl, When they were mixed with glyphosate, it presented the fastest control of RR® maize plants.

Key-words: Zea mays, herbicides, weed.

## 4. INTRODUÇÃO GERAL

O controle de plantas daninhas gramíneas na cultura do milho apresentava-se como uma atividade, de certa forma, complexa e nem sempre fácil de obter êxito. O herbicida mais utilizado no mundo na cultura do milho, atrazine, apresenta sérias limitações para o controle de gramíneas infestantes. Decorrente disso, a utilização de outro herbicida na calda de aplicação quase sempre era inevitável. Todavia, problemas de fitotoxicidade a diversos híbridos ocorriam com certa frequência, além da limitação no estágio de desenvolvimento para o controle eficiente destas espécies, ou seja, as aplicações necessariamente deveriam ser realizadas em pós-emergência inicial.

Essas condições levaram ao desenvolvimento de híbridos de milho com resistência ao herbicida glyphosate, considerado o melhor graminicida entre todos os herbicidas já desenvolvidos, que, além disso, apresenta ação em pós-emergência tardia e não deixa resíduos no solo que prejudiquem o desenvolvimento de culturas em sucessão.

Apesar dessa facilidade no controle químico de plantas daninhas na cultura do milho advindo da tecnologia Roundup Ready<sup>®</sup>, as plantas oriundas de sementes não colhidas, conhecidas como voluntárias, guaxas ou tigueras, agora resistentes ao glyphosate, vêm apresentando grande dificuldade de serem controladas seja em aplicações de dessecação de pré-semeadura, ou mesmo, em pós-emergência na cultura subsequente, sendo normalmente a cultura da soja, também resistente ao herbicida glyphosate.

A presença de plantas de milho em lavouras de soja pode causar grandes prejuízos na produtividade, devido a alta capacidade competitiva do milho em relação aos fatores de produção (água, nutrientes e radiação solar), comparativamente a soja. Além disso, a ocorrência de plantas de milho durante grande parte do ano pode acelerar a perda de eficiência da tecnologia *Bt* para o controle de lepidópteros, além de servirem de hospedeiras para doenças.

É importante salientar que o milho voluntário RR<sup>®</sup>, é mais uma espécie daninha de alta complexidade a ser controlada nos sistemas de produção, envolvendo a sucessão soja-milho. Outras espécies resistentes ao glyphosate como a buva (*Coniza* ssp.), o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), além das plantas tolerantes a esse herbicida como a trapoeraba

*Commelina benghalensis*), a erva-de-touro (*Tridax procumbens*), entre outras, devem ser envolvidas na definição de novas técnicas para o manejo integrado de plantas daninhas.

A partir desse cenário, o trabalho teve como objetivo geral estabelecer estratégias para o controle químico de uma “nova planta daninha resistente ao glyphosate”, o milho voluntário RR<sup>®</sup>. Nesse sentido, três objetivos específicos foram associados a três experimentos: 1) Prospecção de herbicidas eficientes no controle de plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup>, que possam ser utilizados na dessecação de pré-semeadura e/ou em pós-emergência na cultura da soja; 2) Avaliar a influência dos estádios de desenvolvimento das plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup> sobre a eficiência dos herbicidas; e 3) Verificar a compatibilidade desses herbicidas em aplicações associadas ao herbicida glyphosate, visando o controle das plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup>.

## 5. ARTIGO 1

# CONTROLE QUÍMICO DE MILHO VOLUNTÁRIO RESISTENTE AO HERBICIDA GLYPHOSATE

### 5.1. Resumo

Com o advento da introdução de híbridos de milho resistentes ao herbicida glyphosate na agricultura nacional, o manejo de plantas daninhas foi favorecido, principalmente, no tocante às gramíneas infestantes. No entanto, as plantas voluntárias oriundas dos grãos perdidos na colheita mecanizada podem causar perdas significativas na cultura subsequente, normalmente da soja. Desse modo, o objetivo do trabalho foi selecionar herbicidas de diferentes mecanismos de ação eficientes para o controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate. O experimento foi conduzido no município de Nova Xavantina–MT, entre os meses de julho a setembro de 2014, em área com sistema de irrigação do tipo pivô central. Foi utilizado para as avaliações grãos da geração F2 do híbrido AG 8061 VT PRO2®. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. Os tratamentos consistiram de 13 herbicidas de diversos modos de ação e uma testemunha sem aplicação, totalizando 14 tratamentos, com quatro repetições. As aplicações dos herbicidas foram realizadas no estágio V3 do milho. Os herbicidas paraquat, haloxyfop-p-methyl, tepraloxym, cyhalofop-butyl, fluazifop-p-butyl, sethoxydim, fenoxaprop-p-ethyl e imazethapyr foram eficientes no controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate. Não apresentaram eficiência satisfatória os herbicidas, chlorimuron-ethyl, carfentrazone-ethyl, fomesafen, saflufenacil e flumioxazin.

Palavras-chave: *Zea mays*, herbicidas, plantas daninhas.

## CHEMICAL CONTROL OF VOLUNTEER MAIZE RESISTANT TO THE HERBICIDE GLYPHOSATE

### 5.2. Abstract

With the advent of introduction of hybrid maize resistant to glyphosate in national agriculture, weed management was favored, mainly with regard to gramineous weeds. However, volunteer plants originated the seed lost in mechanized harvesting can cause significant losses in subsequent culture, usually the soybeans. The current work aim to select herbicides of different mechanisms of action for efficient control of volunteer maize plants resistant to glyphosate. The experiment was conducted in Nova Xavantina-MT, in July to September 2014, in an area with center pivot irrigation system. It was used for evaluation F2 grain the hybrid AG 8061 VT PRO2®. The experiment was randomized block design. The treatments consisted of 13 herbicides of different modes of action and a control without application, totaling 14 treatments with four replications. Herbicide applications were realized in the V3 stage of maize plant. The herbicides paraquat, haloxyfop-methyl-p, tepraloxym, cyhalofop-butyl, fluazifop-p-butyl, sethoxydim, fenoxaprop-p-ethyl and imazethapyr were efficient in controlling maize plants resistant to glyphosate. It does not demonstrate

satisfactory effect in herbicides, chlorimuron-ethyl, carfentrazone-ethyl, fomesafen, saflufenacil and flumioxazin.

Key words: *Zea mays*, herbicides, weeds.

### 5.3. Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de milho, tendo produzido na safra 2013/2014, 79,9 milhões de toneladas (CONAB, 2014). O milho é cultivado no Brasil em duas épocas ao longo da safra. A primeira cultivada na primavera/verão denominada de primeira safra e a segunda no verão/outono discriminada como segunda safra ou safrinha. Segundo dados da CONAB (2014), a área cultivada com milho na segunda safra representa, aproximadamente, 60% da área total de milho no Brasil. A maior parte da área da segunda safra é cultivada em sequeiro e em sucessão a uma cultura de verão, quase sempre a soja (IEA, 2014).

Ao longo dos anos, várias tecnologias foram incorporadas ao sistema de produção de milho no Brasil, com destaque para a utilização de híbridos modificados geneticamente, seja com tolerância a lagartas-pragas e/ou resistência a herbicidas tradicionalmente não seletivos. Em relação aos materiais resistentes a herbicidas, híbridos de milho resistentes ao glyphosate (Roundup Ready – RR<sup>®</sup>) são os mais encontrados nas lavouras brasileiras. As plantas de milho RR<sup>®</sup> possuem tolerância ao herbicida glyphosate devido a uma alteração genética realizada pela inserção do gene CP4, derivado de uma bactéria do gênero *Agrobacterium*, conferindo uma modificação na enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que se torna insensível ao herbicida (Madsen e Jensen, 1998; Trezzi et al., 2001). Ressalta-se que a soja cultivada nesse sistema de sucessão de cultivos (soja-milho), também é em mais de 89% das lavouras brasileiras (safra 2102/2013) resistente ao herbicida glyphosate (Rocher, 2014).

É comum, após a colheita do milho, o aparecimento de plantas voluntárias desse cereal, decorrentes de grãos que não foram colhidos. Segundo Tabile et al. (2008), as principais causas que determinam as perdas na colheita mecanizada de grãos são: mau preparo do solo, inadequação da época de semeadura, espaçamento e densidade de plantas, cultivares inadequadas, ocorrência de plantas invasoras, atraso na colheita, umidade dos grãos incorreta, velocidade de deslocamento da colhedora, falta de treinamento dos operadores, regulação inadequada, mau estado de conservação do maquinário e falta de monitoramento das perdas.

O problema envolvendo as plantas voluntárias de culturas agrícolas se intensificam em sistemas de produção que envolvam mais de uma safra ao ano. As plantas de milho voluntário ou tigüera pode causar danos diretos e indiretos à cultura subsequente. Diretamente competindo por espaço, luminosidade, água e nutrientes e indiretamente atuando como hospedeiras de pragas e doenças, acarretando em prejuízos significativos (Albrech et al., 2013). Beckett e Stoller (1988) relatam perdas de superiores a 25% na produtividade de soja infestada com 5 a 6 plantas de milho voluntário por metro quadrado. Perdas na produtividade de soja variaram de 10 a 41%, com a emergência de 0,5 a 16 plantas de milho voluntário por metro quadrado, respectivamente (Marquardt et al., 2012).

Quando as plantas voluntárias de milho não possuem resistência ao glyphosate, o seu controle químico é facilitado pela aplicação desse mesmo herbicida, que ocorre tanto na dessecação de pré-semeadura, como nas aplicações em pós-emergência da cultura da soja RR<sup>®</sup>. No entanto, quando essas plantas voluntárias são originadas de materiais também resistentes ao glyphosate, a complexidade no controle químico aumenta significativamente. De acordo com Maciel et al. (2013), em sistema de rotação/sucessão em que o milho RR<sup>®</sup> aparece como planta voluntária a aplicação combinada de glyphosate com graminicidas inibidores da enzima ACCase podem constituir como opção tanto para o manejo antecedendo a semeadura direta como no controle em pós-emergência após a instalação da cultura de soja RR<sup>®</sup>. No entanto, resultados encontrados por Barroso et al. (2010) mostram variabilidade na eficácia de controle desses graminicidas de acordo com a espécie invasora, ou seja, todos os herbicidas desses grupo não apresentam a mesma eficiência no controle de todas as gramíneas. Por isso é necessário a correta identificação do(s) melhor(es) herbicida(s) para o controle das plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup>.

É necessário ressaltar que no momento da realização da aplicação de herbicidas para o controle de plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup>, muito provavelmente outras espécies de plantas daninhas estarão presentes e necessitam, também, serem controladas. Caso ocorra a infestação de plantas latifoliadas que apresentam tolerância ou resistência ao herbicida glyphosate, como trapoeraba (*Commelina* sp.), erva-de-touro (*Tridax procumbens*), erva-quente (*Spermacoce latifolia*) e biótipos de buva (*Conyza* sp.), entre outras, a adição dos herbicidas inibidores da ACCase não produzirá efeitos sinérgicos ou complementares ao glyphosate. Decorrente disso, a avaliação da ação de herbicidas com ação latifolicida sobre plantas voluntárias de milho RR

é fundamental na busca de opções que promovam ampliação do espectro de plantas daninhas passíveis de controle.

O objetivo desse trabalho foi selecionar herbicidas de diferentes mecanismos de ação com eficácia no controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate.

#### **5.4. Material e Métodos**

O trabalho foi conduzido na Fazenda Roberta localizada no município de Nova Xavantina–MT, tendo como coordenadas geográficas: latitude sul 15°05'25'', longitude oeste 52°51'56'' e altitude de 560 metros. O experimento foi conduzido entre os meses de julho a setembro de 2014, em área com sistema de irrigação do tipo pivô central. O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho-amarelo eutrófico de textura média.

A semeadura do milho (AG 8061 VT PRO2<sup>®</sup>) foi realizada de forma mecanizada no dia 15 de julho de 2014, sendo utilizados grãos derivados da colheita da 1ª geração desse híbrido (F2), simulando os grãos derivados das perdas na colheita mecanizada. O espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre as linhas, sendo depositadas 3,5 sementes por metro, visando se obter uma população final de 70 mil plantas por hectare. Não foi realizada nenhuma adubação, seja de base ou de cobertura, como também nenhum tipo de tratamento das sementes com fungicidas ou inseticidas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. As parcelas possuíam 10 m<sup>2</sup> de área total, sendo 2 metros de largura por 5 metros de comprimento, entretanto a área útil utilizada para as avaliações foi de 4 m<sup>2</sup>, sendo 1 m de largura por 4 metros de comprimento.

Os tratamentos consistiram de 13 herbicidas de diversos modos de ação e uma testemunha sem aplicação, totalizando 14 tratamentos (Tabela 1), com quatro repetições.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas no estágio V3 do milho, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, com barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo leque 110-02, espaçados em 0,50 m. O volume de calda utilizado foi o equivalente a 150 litros por hectare.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos herbicidas avaliados para o controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate. Nova Xavantina-MT. 2014.

Tratamentos/ Herbicidas	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Nome Comercial	Mecanismo de Ação
Testemunha	-	-	-
Haloxifop-p-methyl	54,00	Verdict* R <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Tepraloxymidim	87,50	Aramo 200 <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Cyhalofop-butyl	247,50	Clincher <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Fluazifop-p-butyl	156,25	Fusilade 250 EW <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Sethoxydim	207,00	Poast <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Fenoxaprop-p-ethyl	96,25	Podium EW <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Chlorimuron-ethyl	15,00	Classic <sup>®</sup>	Inibidor da ALS
Imazethapyr	100,00	Pivot <sup>®</sup>	Inibidor da ALS
Carfentrazone-ethyl	45,00	Aurora 400 EC <sup>®</sup>	Inibidor da PROTOX
Fomesafen	237,50	Flex <sup>®</sup>	Inibidor da PROTOX
Saflufenacil	35,00	Heat <sup>®</sup>	Inibidor da PROTOX
Flumioxazin	60,00	Flumyzin 500 <sup>®</sup>	Inibidor da PROTOX
Paraquat	450,00	Gramoxone 200 <sup>®</sup>	Inibidor do FS I

As condições climáticas monitoradas durante as aplicações dos herbicidas foram: temperatura média: 29°C; umidade relativa do ar média: 60%; e velocidade do vento média: 4 km/h.

As características avaliadas foram: Altura de plantas (cm) aos 2, 7, 15, 30 e 45 DAA, amostrando-se 10 plantas presentes na área útil ao acaso; Controle avaliado visualmente aos 2, 7, 15, 30 e 45 dias após aplicação (DAA), utilizando-se escala percentual, onde 100% significa todas as plantas mortas e 0% nenhum tipo de sintoma detectado; Massa da matéria seca da parte aérea (g) aos 45 DAA. Para esta avaliação foram coletadas 10 plantas ao acaso da área útil da parcela, sendo posteriormente desidratadas em estufa com circulação de ar forçada à 70°C por 72 h e pesadas em balança analítica.

Os dados coletados foram tabulados e submetidos à análise de variância, onde foram analisados pelo Teste F a 1 e 5% de probabilidade, sendo as médias das variáveis significativas agrupadas pelo critério estabelecido por Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## 5.5. Resultados e Discussão

Aa análises de variância apontaram significância para todos os parâmetros avaliados em todas as épocas.

Na Tabela 2 podem ser visualizados os resultados referentes à quantificação da altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> em diferentes períodos após a aplicação dos herbicidas. Na primeira avaliação realizada dois dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), os herbicidas inibidores da ACCase (Acetil Coenzima A Carboxilase) haloxyfop-p-methyl, tepraloxymid, cyhalofop-butyl, fluazifop-p-butyl, sethoxydim, fenoxaprop-p-ethyl e os inibidores da ALS chlorimuron-ethyl e imazethapyr, ocasionaram pequena mais significativa redução na altura das plantas de milho RR<sup>®</sup>. Na avaliação seguinte (7 DAA), além desses herbicidas relatados, o herbicida paraquat também proporcionou redução no porte das plantas de milho RR<sup>®</sup>. Oito dias após essa avaliação (15 DAA) não foi possível mais quantificar a altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> nas parcelas onde foi utilizado o paraquat, devido ao alto grau de decomposição das plantas (Tabela 2). Ainda nessa avaliação, destacam-se os herbicidas haloxyfop-p-methyl, tepraloxymid e fenoxaprop-p-ethyl que acarretaram em diminuições drásticas na estatura das plantas de milho RR<sup>®</sup>. Os resultados da quarta avaliação (30 DAA) mostraram a impossibilidade da mensuração da altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> nas parcelas que receberam os tratamentos haloxyfop-p-methyl, tepraloxymid, fluazifop-p-butyl, sethoxydim e fenoxaprop-p-ethyl, sendo até difícil identificar a presença anterior de plantas de milho nesses locais.

Pela análise da última avaliação da altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> (Tabela 2) é possível constatar que todos os herbicidas inibidores da ACCase, apresentaram forte inibição do crescimento do milho, de tal forma a impossibilitar a obtenção de valores para o porte das plantas. Os inibidores de ACCase ocasionam a inibição desta enzima, resultando em bloqueio da síntese de lipídeos nas plantas susceptíveis (Burke et al., 2006). A partir disto, efeitos deletérios começam a comprometer a formação da parede celular, principalmente nas regiões em crescimento (Nalewaja et al., 1994). Os sintomas observados nestes tratamentos foram a paralisação do crescimento e o amarelecimento das folhas como descrito por DeFelice et al. (1989). Entre os inibidores da ALS, o herbicida imazethapyr foi mais efetivo em reduzir o crescimento das plantas de milho RR<sup>®</sup>. A redução imposta pela ação do imazethapyr sobre a altura final das plantas de milho RR<sup>®</sup> foi de aproximadamente 67%, tendo como base a altura das plantas presentes nas parcelas que não receberam aplicações de herbicidas. Nenhum dos

herbicidas inibidores da PROTOX (carfentrazone-ethyl, fomesafen, saflufenacil e flumioxazin) foram efetivos na redução da altura das plantas de milho RR<sup>®</sup>, embora carfentrazone-ethyl e fomesafen tenham proporcionado reduções significativas em relação à testemunha, porém, de pequena magnitude. Os inibidores de PROTOX (Protoporfirogênio Oxidase), enzima relacionada com a síntese de clorofila, ocasionam o acúmulo de protoporfirogênio IX no citoplasma celular (Daylan et al., 1997), que na presença de luz reagem produzindo oxigênio singleto, substância que degrada a membrana celular (Devine et al., 1993).

**Tabela 2.** Altura de plantas de milho resistente ao glyphosate após a aplicação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação, no estágio fenológico V3. Nova Xavantina-MT. 2014.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)				
	2 DAA	7 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA
Testemunha	52,00 a	64,50 a	85,25 a	127,00 c	143,25 a
Haloxypop-p-methyl	41,75 b	52,00 b	8,75 d	0,00 f	0,00 e
Tepraloxymidim	36,75 b	42,00 b	3,75 d	0,00 f	0,00 e
Cyhalofop-butyl	39,25 b	53,00 b	48,25 c	3,75 f	0,00 e
Fluazifop-p-butyl	44,00 b	54,75 b	50,50 c	0,00 f	0,00 e
Sethoxydim	41,25 b	58,50 b	48,25 c	0,00 f	0,00 e
Fenoxaprop-p-ethyl	40,50 b	54,00 b	3,75 d	0,00 f	0,00 e
Chlorimuron-ethyl	43,25 b	52,50 b	68,00 b	114,50 d	108,50 c
Imazethapyr	44,50 b	56,50 b	50,25 c	52,25 e	47,50 d
Carfentrazone-ethyl	50,50 a	75,50 a	87,00 a	135,50 b	130,75 b
Fomesafen	45,50 a	69,50 a	83,50 a	129,75 c	128,75 b
Saflufenacil	48,25 a	80,50 a	92,00 a	124,00 c	136,50 a
Flumioxazin	47,75 a	71,75 a	89,00 a	145,75 a	139,75 a
Paraquat	47,25 a	48,00 b	0,00 d	0,00 f	0,00 e
CV (%)	11,21	12,68	14,80	8,85	9,83

DAA = dias após a aplicação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A evolução do controle das plantas de milho RR<sup>®</sup> após a aplicação dos herbicidas, avaliada visualmente, é apresentada na Tabela 3. O herbicida paraquat aos 2 DAA já ocasionou sintomas de fitotoxicidade elevados às plantas de milho RR<sup>®</sup> (75,00%),

confirmando ser um dessecante de rápida ação sobre as plantas de milho no estágio fenológico V3. De acordo com Fujii et al. (1990), este herbicida é um aceptor de elétrons auto-oxidado no fotossistema I, que na presença de luz, reage, causando a depleção de NADPH e inibição da carboxilação, além de produzir, após interação com o oxigênio, superóxidos que promovem a destruição das membranas dos cloroplastos por peroxidação (Preston et al., 1991). Os demais herbicidas, com exceção do chlorimuron-ethyl, imazethapyr e saflufenacil promoveram injúrias às plantas de milho RR<sup>®</sup> de grau leve, porém significativas em relação à testemunha. Na avaliação seguinte (7 DAA), os sintomas de injúrias das plantas de milho RR<sup>®</sup> que receberam o herbicida paraquat continuaram evoluindo e atingiram 98,75% de controle. Nessa avaliação ainda, os herbicidas haloxyfop-p-methyl e sethoxydim apresentaram grande evolução na supressão das plantas de milho RR<sup>®</sup>, apresentando 83,75 e 77,50% de controle, respectivamente. O herbicida paraquat acarretou em morte de todas as plantas de milho RR<sup>®</sup> aos 15 DAA, ou seja, 100% de controle. Destaque também foi verificado nessa avaliação para a efetividade dos graminicidas haloxyfop-p-methyl, tepraloxymidim, fluazifop-p-butyl, sethoxydim e fenoxaprop-p-ethyl. Além do paraquat, que já havia apresentado controle total das plantas de milho RR<sup>®</sup> aos 15 DAA, outros quatro herbicidas, haloxyfop-p-methyl, tepraloxymidim, fluazifop-p-butyl e fenoxaprop-p-ethyl, também eliminaram todas as plantas de milho RR<sup>®</sup> aos 30 DAA (100% de controle). Maciel et al. (2013) observaram que o herbicida haloxyfop-R nas doses de 25, 50 e 62 g ha<sup>-1</sup>, foi eficiente no controle de plantas de milho resistentes ao glyphosate nos estádios de desenvolvimento de V5 e V7. Entre os inibidores de PROTOX, nenhum herbicida apresentou até essa avaliação (30 DAA) controle satisfatório das plantas de milho RR<sup>®</sup>, maiores valores de controle foram verificados com a aplicação do fomesafen (42,50%).

Na avaliação final de controle, realizada aos 45 DAA (Tabela 3), foi constatado que além do paraquat, todos os herbicidas inibidores da ACCase, promoveram mortalidade de todas as plantas de milho RR<sup>®</sup>. Não foram observadas diferenças no controle de milho RR<sup>®</sup> entre os herbicidas dos dois grupos de inibidores da ACCase, ciclohexanodiona e derivados do ácido ariloxifenoxipropiônico, apenas pequenas diferenças na velocidade de controle entre esses herbicidas. Apesar de ser enquadrado em patamar inferior a esses herbicidas que apresentaram controle total das plantas de milho RR<sup>®</sup>, o herbicida imazethapyr promoveu controle final de 88,75%, suficiente, por exemplo, para que o mesmo seja registrado junto ao MAPA para esse tipo de uso. O desempenho apresentado pelo imazethapyr foi superior em relação ao o outro herbicida desse mesmo mecanismo de ação, o chlorimuron-ethyl, que

obteve controle final de 55,00%, ou seja, sua utilização isolada, na dose avaliada foi insatisfatória. Os herbicidas inibidores da enzima Acetato Lactato Sintase promoveram como principais sintomas visuais nas plantas de milho RR<sup>®</sup> a paralisação no crescimento e a clorose internerval no limbo foliar. Todos os herbicidas inibidores da PROTOX terminaram o experimento com controle baixíssimo das plantas de milho RR<sup>®</sup>, inclusive houve recuperação de parte das plantas de milho aos sintomas promovidos pelo herbicida fomesafen.

O acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas de milho RR<sup>®</sup>, aos 45 DAA, variou drasticamente de acordo com o herbicida aplicado (Tabela 3).

**Tabela 3.** Controle avaliado visualmente e massa da matéria seca da parte aérea (MS) de plantas de milho após a aplicação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação, no estágio fenológico V3. Nova Xavantina-MT. 2014.

Tratamentos	Controle (%)										MS/ planta (g)	
	2 DAA	7 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA							
Testemunha	0,00	c	0,00	g	0,00	e	0,00	e	0,00	e	110,936	b
Haloxifop-p-methyl	5,75	b	83,75	b	98,75	a	100,00	a	100,00	a	8,785	f
Tepraloxymidim	7,25	b	63,75	c	97,50	a	100,00	a	100,00	a	6,775	f
Cyhalofop-butyl	6,50	b	52,50	d	87,50	b	95,00	a	100,00	a	9,533	f
Fluazifop-p-butyl	9,50	b	60,00	d	95,00	a	100,00	a	100,00	a	1,058	f
Sethoxydim	11,25	b	77,50	b	95,00	a	98,75	a	100,00	a	9,576	f
Fenoxaprop-p-ethyl	9,75	b	71,25	c	97,50	a	100,00	a	100,00	a	8,956	f
Chlorimuron-ethyl	0,75	c	3,75	g	20,00	d	53,75	c	55,00	c	42,685	e
Imazethapyr	0,75	c	5,00	g	17,50	d	83,75	b	88,75	b	13,124	f
Carfentrazone-ethyl	7,75	b	13,75	f	15,00	d	6,25	e	7,50	d	97,747	c
Fomesafen	10,00	b	33,75	e	42,50	c	42,50	d	13,75	d	83,725	d
Saflufenacil	0,00	c	4,00	g	7,50	e	3,75	e	12,50	d	123,718	a
Flumioxazin	9,25	b	13,75	f	17,50	d	7,50	e	7,50	d	114,270	b
Paraquat	75,00	a	98,75	a	100,00	a	100,00	a	100,00	a	3,227	f
CV (%)	28,11		13,82		9,84		8,46		8,89		14,81	

DAA = dias após a aplicação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os herbicidas que promoveram os maiores níveis de redução na massa da matéria seca das plantas de milho RR<sup>®</sup> foram haloxyfop-p-methyl, tepraloxymidim, cyhalofop-butyl, fluazifop-p-butyl, sethoxydim, fenoxaprop-p-ethyl, imazethapyr e paraquat. Esses resultados confirmam o relato de Soares et al. (2010), que observaram eficiência no controle de milho RR voluntário em V5/V6, em cinco diferentes localidades, com a aplicação de clethodim (84; 108), sethoxydim (184; 230), tepraloxymidim (80; 100), clethodim+fenoxaprop-p-ethyl (40+40; 50+50), fluazifop-p-butyl (125; 188), haloxyfop-methyl (50; 62), sendo todas as doses são apresentadas em g ha<sup>-1</sup>. O chlorimuron-ethyl, apesar de não ser enquadrado nesse grupo de maior eficiência, promoveu redução na massa da matéria seca das plantas de milho RR<sup>®</sup> de aproximadamente 61,5%, mostrando ser um herbicida não seletivo para o milho, mas que não consegue ter um controle completo das plantas dessa espécie. Redução do acúmulo de matéria seca das plantas de milho RR<sup>®</sup> também foi verificada com o uso de fomesafen e carfentrazone-ethyl, contudo de forma muito incipiente.

Apesar de o herbicida paraquat ter sido eficiente no controle das plantas de milho RR<sup>®</sup>, ele não é compatível em associação com o herbicida glyphosate. Isto pode limitar seu uso para este fim, pois, normalmente, no momento das aplicações de dessecação de manejo, outras espécies de plantas daninhas estão presentes na área, o que induziria a necessidade da inclusão do glyphosate na aplicação. Por outro lado, o herbicida paraquat tem demonstrado eficiência no controle de biótipos de *Conyza* (buva) resistentes ao herbicida glyphosate e comuns nas áreas agrícolas no período onde se realiza a dessecação de pré-semeadura. Outro ponto a ser levantado é que o herbicida paraquat não apresenta translocação de longa distância (sistematicidade), o que pode prejudicar sua ação caso as plantas de milho se encontrem em estágios mais avançados de crescimento. Caso as plantas de milho emergjam durante o ciclo da cultura da soja, o paraquat também não pode ser utilizado, pois não apresenta seletividade a essa cultura. Desse modo, outros herbicidas como os inibidores da ACCase deverão ser extremamente importantes nas áreas de produção de milho e soja RR<sup>®</sup>, principalmente quando houver a presença de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistentes ao herbicida glyphosate. Por outro lado, caso haja a presença de plantas latifoliadas tolerantes ao herbicida glyphosate junto às plantas voluntárias de milho, a adição do herbicida imazethapyr pode proporcionar maiores ganhos no controle geral da comunidade infestante.

## 5.6. Conclusões

O herbicida paraquat (inibidor do Fotossistema I), os herbicidas haloxyfop-p-methyl, tepraloxym, cyhalofop-butyl, fluazifop-p-butyl, sethoxydim, fenoxaprop-p-ethyl (inibidores da ACCase) e o herbicida imazethpyr (inibidor da ALS) são eficientes no controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate, no estágio fenológico V3.

O herbicida chlorimuron-ethyl (inibidor da ALS) e os herbicidas carfentrazone-ethyl, fomesafen, saflufenacil e flumioxazin (inibidores da PROTOX) não apresentam eficiência no controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate, no estágio fenológico V3.

## 5.7. Referências Bibliográficas

ALBRECHT JR., A. P. *et. al.* Controle de plantas voluntárias de milho utilizando doses crescentes de duas formulações de glyphosate. **Journal of Agronomic Sciences**, v.2, n.1, p.10-20, 2013.

BARROSO, A. L. L.; *et. al.* Eficácia de herbicidas inibidores da ACCase no controle de gramíneas em lavoura de soja. **Revista Brasileira de Plantas Daninhas**, v. 28, n. 1, p.149-157, 2010.

BECKETT, T.H.; STOLLER, E.W. Volunteer corn (*Zea mays*) interference in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v.36, p.159–166, 1988.

BURKE, I.C. *et. al.* A seedling assay to screen aryloxyphenoxypropionic acid and cyclohexanedione resistance in johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Technology**, v.20, n.4, p.950-955, 2006.

CONAB. Pesquisa de safras. **Indicadores da Agropecuária**. Brasília, v.22, n.11, p.15-25, 2014.

DAYLAN, F. E. *et. al.* Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. **Pesticide Science**, v.51, n.1, p.65-73, 1997.

DEFELICE, M.S. *et. al.* Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Science**, v.37, n.3, p.365-374, 1989.

DEVINE, M.D.; DUKE, S.O.; FEDTKE, C. Physiology of Herbicide Action. **Englewood Cliffs**, NJ. Prentice Hall, p.177-188. 1993.

FUJII, T. *et. al.*. The sites of electron donation of photosystem I to methyl viologen. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1015, n.1, p.41-48, 1990.

IEA. Milho. **Instituto de Economia Agrícola**. São Paulo. 2014. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/cadeia/cadeiaMilho.aspx>. Acesso em: 13/ dez./ 2014.

MACIEL, C.D.G. *et. al.* Eficácia do herbicida Haloxifop R (GR-142) isolado e associado ao 2,4-D no controle de híbridos de milho RR® voluntário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.2, p.112-123, 2013.

MADSEN, K.H.; JENSEN, J.E. **Meeting and training on risk analysis for HRCs and exotic plants**. Piracicaba: FAO, 1998. 101p.

MARQUARDT, P.; KRUPKE, C.; JOHNSON, W.G. Competition of transgenic volunteer corn with soybean and the effect on western corn rootworm emergence. **Weed Science**, v.60, n.2, p.193-198, 2012.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R.; SZELEZNIAK, E.F. Sethoxydim response to spray chemical properties and environment. **Weed Technology**, v.8, n.3, p.591-597, 1994.

PRESTON, C.; HOLTUM, J.A.M.; POWLES, S.B. Resistance to the herbicide paraquat and increased tolerance to photoinhibition are not correlated in several weed species. **Plant Physiology**, v.96, n.2, p.314-318, 1991.

ROCHER, J. Soja e milho transgênicos embalam a supersafra. **Gazeta do povo**. Disponível em: <http://agro.gazetadopovo.com.br/noticias/agricultura/soja/soja-e-milho-transgenicos-embalam-a-supersafra/>. Acesso em: 13/ dez./ 2014.

SCHNEIDER, T.; ROCKENBACH, A.C.; BIANCHI, M.A. Controle de milho resistente ao glyphosate com herbicidas inibidores da enzima Acetil Coenzima A Carboxilase. In: XVI SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. **Anais...** Cruz Alta: UNICRUZ, 2011.

SOARES, D.J. *et. al.* Controle de plantas voluntárias de milho geneticamente modificado tolerante ao glyphosate na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA

DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p.1513-1516.

TABILE, R.A. *et. al.* Perdas na colheita de milho em função da rotação do cilindro trilhador e umidade dos grãos. **Scientia Agrária**, n.9, v.4, p.505-510, 2008.

TREZZI, M.M.; KRUSE, N.D.; VIDAL, R.A. Inibidores de EPSPs. In: VIDAL, R.A.; METOTTO JR., A. (Eds.) **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. p. 37-45.

## 6. ARTIGO 2

# CONTROLE QUÍMICO DE MILHO VOLUNTÁRIO RESISTENTE AO HERBICIDA GLYPHOSATE EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

### 6.1. Resumo

As perdas de grãos resultantes da colheita do milho favorecem o aparecimento de plantas voluntárias, que em um sistema de sucessão de culturas pode causar prejuízos significativos na produtividade da cultura sucessora, normalmente a soja. Esse problema é intensificado quando as duas culturas apresentam resistência ao herbicida glyphosate, o que dificulta e onera o controle dessas plantas voluntárias. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de herbicidas de diferentes mecanismos de ação no controle de milho resistente ao herbicida glyphosate, em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas. Foram realizados três experimentos conduzidos no município de Nova Xavantina–MT, entre os meses de agosto a outubro de 2014, em área com sistema de irrigação do tipo pivô central. Foi utilizado para as avaliações, grãos da geração F2 do híbrido AG 8061 VT PRO2®. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis tratamentos, com quatro repetições. Os tratamentos foram formados de seis herbicidas (sethoxydim, haloxyfop-p-methyl, tepraloxym, fenoxaprop-p-ethyl, paraquat e uma testemunha). Cada ensaio foi constituído com um estágio fenológico de plantas de milho resistentes ao glyphosate no momento da aplicação (V2, V4 e V6). Os herbicidas paraquat, haloxyfop-p-methyl, tepraloxym, sethoxydim e fenoxaprop-p-ethyl apresentaram controle total das plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate nos estádios V2 e V4. Quando aplicado no estágio V6 o herbicida paraquat demonstrou-se ineficiente no controle das plantas de milho resistentes ao glyphosate, diferentemente dos inibidores de ACCase que obtiveram controle variando de 80,0 a 87,5% nessa aplicação mais tardia.

Palavras-chave: *Zea mays*, herbicidas, plantas daninhas.

### CHEMICAL CONTROL OF VOLUNTEER MAIZE RESISTANT TO THE HERBICIDE GLYPHOSATE IN DIFFERENT DEVELOPMENT STAGES

### 6.2 Abstract

The seeds losses resulting from the corn harvest favor the appearance of volunteer plants, which in a succession of crops may cause significant yield losses of the successor culture, usually in soybeans. This problem is intensified when the two cultures are resistant to glyphosate, which complicates and expensive control of these volunteer plants. The aim of this study was to evaluate the herbicide efficiency of different mechanisms of action in control of resistant corn to glyphosate, at different stages of plant development. The experiment was conducted in Nova Xavantina-MT, in August to October 2014 in an area with center pivot irrigation system. It was used for evaluations F2 grain the hybrid AG 8061 VT PRO2®. The experiment was randomized block design with 6 treatments, with four

replications. The treatments were formed from the six herbicides (sethoxydim, haloxyfop-methyl-p, tepraloxym, fenoxaprop-p-ethyl, paraquat and a control). Each experiment was set up with a one stage of development of corn plants resistant to glyphosate in the moment of application (V2 , V4 and V6). The herbicides paraquat, haloxyfop-methyl-p, tepraloxym, sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl obtained total control of corn plants resistant to glyphosate in V2 and V4 stages. When applied to the V6 stage, the paraquat herbicide proved to be inefficient in controlling corn plants resistant to glyphosate, unlike the ACCase inhibitors which obtained control ranging from 80,0 to 87,5% after the application.

Key words: *Zea mays*, herbicides, weeds.

### 6.3. Introdução

A cadeia produtiva do milho é uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, o qual, considerando apenas a produção primária, responde por 37% da produção nacional de grãos (Caldarelli e Bacchi, 2012). A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado pela divisão da produção em dois períodos (Mattoso et al., 2006). Os plantios de verão, ou primeira safra, que são realizados na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre setembro e novembro, e os plantios de segunda safra ou safrinha, que ocorrem do final de janeiro a início de março, quase sempre depois do cultivo de soja precoce. Segundo dados da CONAB (2014), a maior parte do milho é cultivado na segunda safra sendo esta representada por, aproximadamente, 60% da área total deste grão plantada no Brasil.

O milho é uma cultura fundamental para a sustentabilidade dos sistemas de produção de grãos. Experimentos mostraram que a soja cultivada após o milho produziu até 15% a mais em relação a plantios contínuos dessa leguminosa (Cruz et al., 2006).

Como aconteceu com as culturas da soja e do algodão, a tecnologia de resistência ao herbicida glyphosate induzida por transgenia, também foi incorporada a diversos híbridos de milho disponíveis no mercado brasileiro. Todavia, as plantas voluntárias de milho resistentes a glyphosate tornaram-se uma espécie daninha anual em sistemas de produção envolvendo a sucessão de soja e milho (Marquardt e Johnson, 2013). Aproximadamente 89% da soja cultivada no Brasil, também é resistente ao glyphosate (Rocher, 2014). Diversos produtores de milho procuram híbridos de milho modificados geneticamente visando resistência a lagartas (Bt), porém, a maioria desses materiais também possui resistência ao glifosato, deixando muitas vezes o produtor sem a opção de semear materiais sem resistência a esse herbicida. O glyphosate age inibindo a enzima 5-enol-piruvil-shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais tanto para o crescimento

quanto para a sobrevivência das plantas: fenilalanina, tirosina e triptofano, precursores de outros produtos, como lignina, alcaloides, flavonoides e ácidos benzoicos (Ikeda, 2013).

Após a colheita do milho é natural o aparecimento de plantas voluntárias desse cereal, decorrentes de grãos que caídos ao solo por perdas na colheita. Segundo Tabile et al. (2008), as principais causas que determinam as perdas na colheita mecanizada de grãos são: mau preparo do solo, inadequação da época de semeadura, espaçamento e densidade de plantas, cultivares inadequadas, ocorrência de plantas invasoras, atraso na colheita, umidade dos grãos incorreta, velocidade de deslocamento da colhedora, falta de treinamento dos operadores, regulagem inadequada, mau estado de conservação do maquinário e falta de monitoramento das perdas.

A produtividade da soja pode sofrer perdas significativas com a competição das plantas voluntárias de milho. Beckett e Stoller (1988) concluíram que a presença de 5 a 6 plantas voluntárias de milho por metro quadrado pode causar redução de 25% na produtividade da cultura da soja. Perdas na produtividade de soja variaram de 10 a 41%, com a emergência de 0,5 a 16 plantas de milho voluntário por metro quadrado, respectivamente (Marquardt et al., 2012). Além dos prejuízos causados sobre a produtividade, plantas voluntárias de milho podem prejudicar a colheita mecanizada da soja, causando até mesmo uma contaminação de grãos (Deen et al., 2006).

O controle das plantas voluntárias de milho pode ser influenciado por diversos fatores como a cultivar de milho (Andersen e Geadelmann, 1982), a adição e o tipo de adjuvante (Beckett et al., 1992; Deen et al., 2006; Tao et al., 2007) e a escolha do herbicida, bem como a definição de sua dose. Os herbicidas inibidores da ACCase, conhecidos como graminicidas, tem sido relatados como eficientes para o controle de plantas voluntárias de milho, como diclofop-methyl (Andersen, 1976; Andersen et al., 1982), sethoxydim (Beckett et al., 1992; Young e Hart, 1997), quizalofop-p-ethyl (Beckett et al., 1992; Young e Hart, 1997; Deen et al., 2006), fluazifop (Beckett e Stoller, 1988), clethodim (Deen et al., 2006; Marquardt e Johnson, 2013; Maciel et al., 2013), fenoxaprop-p-ethyl (Deen et al., 2006), haloxyfop-methyl e tepraloxydim (Soares et al., 2010) .

O estágio de crescimento das plantas daninhas é outro fator primordial para a eficiência dos herbicidas. Diversos trabalhos apontam que aplicações pós-emergentes de herbicidas em estádios iniciais de crescimento das plantas daninhas resultam em melhores

resultados em comparação com aplicações em pós-emergência mais tardia (Mengarda e Fleck, 1989; Koger et al., 2004; Vangessel et al., 2009; Moreira et al., 2010).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de herbicidas de diferentes mecanismos de ação no controle de milho resistente ao herbicida glyphosate, em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas.

#### **6.4. Material e Métodos**

O trabalho foi conduzido na Fazenda Roberta localizada no município de Nova Xavantina-MT, tendo como coordenadas geográficas: latitude sul 15°05'25'', longitude oeste 52°51'56'' e altitude de 560 metros. Foram conduzidos três experimentos entre os meses de agosto a outubro de 2014, em área com sistema de irrigação do tipo pivô central. O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho-amarelo eutrófico de textura média.

A semeadura do milho (AG 8061 VT PRO2<sup>®</sup>) foi realizada de forma mecanizada no dia 15 de agosto de 2014, sendo utilizados grãos derivados da colheita da 1<sup>o</sup> geração desse híbrido (F2), simulando os grãos derivados das perdas na colheita mecanizada. O espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre as linhas, sendo depositadas 3,5 sementes por metro, visando se obter uma população final de 70 mil plantas por hectare. Não foi realizada nenhuma adubação, seja de base ou de cobertura, como também nenhum tipo de tratamento das sementes com fungicidas ou inseticidas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. As parcelas possuíam 10 m<sup>2</sup> de área total, sendo 2 metros de largura por 5 metros de comprimento, entretanto a área útil utilizada para as avaliações foi de 4 m<sup>2</sup>, sendo 1 metro de largura por 4 metros de comprimento.

Os tratamentos dos três ensaios foram formados por herbicidas de dois diferentes mecanismos de ação e uma testemunha sem aplicação de herbicidas (Tabela 1) com quatro repetições, e em que em cada experimento utilizou-se uma época de desenvolvimento do milho para a aplicação dos herbicidas, sendo estas em V2, V4 e V6.

**Tabela 1.** Herbicidas avaliados para o controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate. Nova Xavantina-MT. 2014.

Herbicidas	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Nome Comercial	Mecanismo de Ação
Testemunha	-	-	-
Sethoxydim	207,00	Poast <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Haloxyfop-p-methyl	54,00	Verdict* R <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Tepraloxymim	87,50	Aramo 200 <sup>®</sup>	Inibidor de ACCase
Fenoxaprop-p-ethyl	96,25	Podium EW <sup>®</sup>	Inibidor da ACCase
Paraquat	450,00	Gramoxone 200 <sup>®</sup>	Inibidor do FS I

As aplicações dos herbicidas foram realizadas utilizando-se um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, com barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo leque 110-02, espaçados em 0,50 m. O volume de calda utilizado foi o equivalente a 150 litros por hectare. As condições climáticas monitoradas durante as aplicações dos herbicidas foram: Aplicação no ensaio com milho V2: temperatura média: 30°C, umidade relativa do ar média: 65% e velocidade do vento média 6,0 km/h. Aplicação em milho V4: temperatura média: 32°C, umidade relativa do ar média: 57% e velocidade do vento média: 3,5 km/h; Aplicação no ensaio com milho em V6: temperatura média: 35°C, umidade relativa do ar média: 61% e velocidade do vento média: 4,2 km/h.

As características avaliadas foram: Altura de plantas (cm) aos 2, 7, 15, 30 e 45 DAA, amostrando-se 10 plantas presentes na área útil ao acaso, com posterior cálculo da porcentagem de redução imposta pelos herbicidas; Controle avaliado visualmente aos 2, 7, 15, 30 e 45 dias após aplicação (DAA), utilizando-se escala percentual, onde 100% significa todas as plantas mortas e 0% nenhum tipo de sintoma detectado; Massa da matéria seca da parte aérea (g) aos 45 DAA. Para esta avaliação foram coletadas 10 plantas ao acaso da área útil da parcela, sendo posteriormente desidratadas em estufa com circulação de ar forçada à 70°C por 72 h e pesadas em balança analítica.

Os dados coletados foram tabulados e submetidos à análise de variância, onde foram analisados pelo Teste F a 1 e 5% de probabilidade, sendo as médias das variáveis significativas submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 6.5. Resultados e Discussão

As análises de variância apontaram valores significativos para todos os parâmetros avaliados em todas as épocas de aplicação.

Na Tabela 2 podem ser observados os resultados referentes a redução na altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> após a aplicação dos herbicidas em três estádios de desenvolvimento.

No primeiro período avaliado, com dois dias após a aplicação (DAA), apenas o herbicida paraquat ocasionou redução significativa sobre a altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> em relação à testemunha e ao haloxyfop, quando os herbicidas foram aplicados no estádio V2 (Tabela 2). Quando a aplicação foi realizada em V4, com exceção do haloxyfop, todos os herbicidas avaliados causaram reduções na altura das plantas de milho RR<sup>®</sup>, contudo maior intensidade foi verificada nas parcelas que receberam o paraquat chegando a reduzir 67,81%. Esse efeito drástico do paraquat não foi verificado quando a aplicação foi realizada no estádio V6 (20,00% de redução na altura), contudo ainda apresentando efeitos significativos em comparação à testemunha, juntamente com os herbicidas sethoxydim, haloxyfop-p-methyl e fenoxaprop-p-ethyl.

Não foi possível, aos 7 DAA, mensurar a altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> tratadas com paraquat quando se encontravam em V2, pois as mesmas se encontravam completamente dessecadas rente ao solo (0,00 cm de altura) (Tabela 2). Aplicações de paraquat em V4, também promoveram redução considerável na altura das plantas de milho RR<sup>®</sup>, aos 7 DAA, atingindo altura média de 3,25cm. No entanto, ainda nessa avaliação, redução de apenas 25,14% na altura das plantas aspergidas com paraquat foi constatada quando a aplicação foi realizada em V6, mostrando que em estádios mais avançados de crescimento, o desempenho do herbicida paraquat no controle de plantas de milho RR<sup>®</sup> fica comprometido. Os gramínicos apresentaram efeitos na redução da altura de plantas de milho RR<sup>®</sup> muito similares, aos 7 DAA, quando as aplicações foram realizadas em V2 ou V4, com valores variando de 17,5cm a 25,5cm. Todavia, como observado para o paraquat, aplicações dos inibidores da ACCase em V6, proporcionaram redução no desempenho desse grupo de herbicidas no controle de milho RR<sup>®</sup>.

O nível de redução na altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> que receberam os herbicidas inibidores da ACCase, em V2 e V6, se intensificou significativamente, aos 15 DAA, principalmente em V4, atingindo patamares de redução altíssimos nesse estádio de desenvolvimento (Tabela 2). Redução total na mensuração da altura das plantas de milho RR<sup>®</sup>

pulverizadas com paraquat, em V4, foi observada aos 15 DAA. Fato que já havia sido registrado nas aplicações em V2 desse herbicida na avaliação anterior (7 DAA). Pequena evolução na redução da altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> foi verificada, aos 15 DAA, para todos os herbicidas avaliados, quando aplicados em V6.

Aos 30 DAA, as plantas de milho RR<sup>®</sup> que receberam os todos os herbicidas avaliados, em V2 ou V4, já se encontravam depositadas sobre o solo, sendo impossibilitada a avaliação de altura (Tabela 2). No entanto, aplicações dos herbicidas em V6, ocasionaram reduções na altura das plantas de milho RR<sup>®</sup>, sendo os herbicidas sethoxydim, haloxyfop-p-methyl, os que mais se sobressaíram, aos 30 DAA. Os inibidores de ACCase (Acetil Coenzima A Carboxilase) ocasionam a inibição desta enzima, resultando em bloqueio da síntese de lipídeos nas plantas susceptíveis (Burke et al., 2006). A partir disto, efeitos deletérios começam a comprometer a formação da parede celular, principalmente nas regiões em crescimento (Nalewaja et al., 1994). Os sintomas observados nestes tratamentos foram a paralisação do crescimento e o amarelecimento das folhas como descrito por DeFelice et al. (1989).

Na avaliação final realizada aos 45 DAA, foram observadas maiores reduções na altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> que receberam os graminicidas em relação a avaliação anterior, contudo os patamares de redução não chegaram a 70% de redução. Observou-se recuperação no crescimento das plantas de milho RR<sup>®</sup> que receberam paraquat em V6 foi observada nessa avaliação, demonstrada pelo decréscimo no valor calculado de redução do crescimento das plantas. Maciel et al. (2013) observaram controle eficiente das plantas de milho RR<sup>®</sup> com a utilização dos herbicidas haloxyfop-R (25, 50 e 62 g ha<sup>-1</sup>) e clethodim (84 g ha<sup>-1</sup>), em aplicações no estádios de V5 e V7.

A evolução do controle das plantas de milho RR<sup>®</sup> após a aplicação dos herbicidas, avaliado visualmente, é apresentada na Tabela 2. O herbicida paraquat aos 2 DAA já ocasionou sintomas de fitotoxicidade elevados às plantas de milho RR<sup>®</sup> nos estádios V2, V4 e V6, sendo que neste último os valores apresentaram-se menores, representando uma menor eficiência em relação as aplicações realizadas em V2 e V4. Estes resultados confirmam que o paraquat é um dessecante de rápida ação sobre as plantas de milho. De acordo com Fujii et al. (1990), este herbicida é um aceptor de elétrons auto-oxidado no fotossistema I, que na presença de luz, reage, causando a depleção de NADPH e inibição da carboxilação, além de produzir, após interação com o oxigênio, superóxidos que promovem a destruição das

membranas dos cloroplastos por peroxidação (Preston et al., 1991). Todos os herbicidas inibidores de ACCase, sethoxydim, haloxyfop-p-methyl, tepraloxymid e fenoxaprop-p-ethyl, ocasionaram injúrias iniciais nas plantas de milho RR<sup>®</sup> quando aplicados nos estádios V2 e V4, sendo que os sintomas promovidos pelos herbicidas sethoxydim e tepraloxymid diferiram significativamente da testemunha. No estádio V6, os herbicidas inibidores da ACCase não causaram nenhum sintoma visual de toxidez nesta avaliação.

Na avaliação seguinte (7 DAA), os sintomas de injúrias das plantas de milho RR<sup>®</sup> que receberam o herbicida paraquat continuaram evoluindo e atingiram 100% de controle no estádio V2 e V4 (morte de todas as plantas), enquanto no estádio V6 atingiu 70% (Tabela 2). Nessa avaliação ainda, os herbicidas inibidores da ACCase apresentaram grande evolução no controle das plantas de milho RR<sup>®</sup> nos estádios V2 e V4 (controle variando de 52,50 a 73,75%), sendo que os herbicidas tepraloxymid e fenoxaprop-p-ethyl foram superiores em relação ao desempenho dos herbicidas sethoxydim e haloxyfop-p-methyl, o que demonstra uma ação inicial mais rápida. A eficiência dos herbicidas inibidores da ACCase no controle das plantas de milho RR<sup>®</sup>, avaliada aos 7 DAA, decaiu drasticamente quando aplicados em V6 (Tabela 2), sendo que o melhor desempenho entre estes herbicidas foi observado nas parcelas tratadas com tepraloxymid (20,00% de controle).

Aos 15 DAA foi verificado que o herbicida paraquat apresentou pouca evolução no controle de milho RR<sup>®</sup> no estádio V6, apresentando agora um controle de 77,50% ante a 70,00% na avaliação realizada aos 7 DAA, contudo ainda superior aos demais herbicidas avaliados. Nesta avaliação, todos os herbicidas inibidores da ACCase promoveram controle das plantas de milho RR<sup>®</sup> acima de 90%, quando aplicados nos estádios V2 e V4, não havendo mais discriminação entre eles, quanto a eficiência (Tabela 2). O herbicida tepraloxymid apresentou a maior evolução no controle das plantas de milho RR<sup>®</sup>, quando a aplicação foi realizada em V6, atingindo 61,25% de controle aos 15 DAA, significativamente superior em relação aos demais inibidores da ACCase.

Todos os herbicidas inibidores de ACCase promoveram controle total (100,00%) das plantas de milho RR<sup>®</sup>, aos 30 DAA, quando as aplicações foram realizadas em V2 e V4 (Tabela 2). Início de recuperação dos sintomas de toxicidade pelas plantas de milho RR<sup>®</sup>, que receberam aplicação de paraquat no estádio V6, começou a ser constatada na avaliação realizada aos 30 DAA, cujo valor atribuído ao controle recuou em relação à avaliação anterior. Nesta avaliação foi observada a maior evolução no desempenho dos herbicidas

inibidores da ACCase sobre as de milho RR<sup>®</sup>, tratadas em V6, todos os herbicidas apresentaram controle numericamente superiores ao paraquat, mas apenas o tratamento sethoxydim diferiu significativamente, proporcionando 85,00% de controle das plantas de milho RR<sup>®</sup>.

Na avaliação final, realizada aos 45 DAA, foi verificada a continuação do processo de recuperação das plantas de milho RR<sup>®</sup> que foram aspergidas com o herbicida paraquat, quando se encontravam no estágio V6, ficando o controle final em 60,00% (Tabela 2), inferior a todos os demais herbicidas avaliados. O controle final das plantas de milho RR<sup>®</sup> em V6 pelos herbicidas inibidores da ACCase variou de 80,00 a 87,50%, com destaque para os herbicidas sethoxydim e tepraloxym que foram significativamente superiores aos herbicidas haloxyfop-p-methyl e fenoxaprop-p-ethyl. Mesmo não apresentado controle total das plantas de milho RR<sup>®</sup> em V6, os valores finais de controle apresentados pelos herbicidas inibidores da ACCase são suficientes para que os mesmos sejam registrados junto ao MAPA para esse tipo de uso, contudo ressalva-se que aplicações em estádios mais precoces promovem resultados mais satisfatórios. Costa et al. (2014) relatam que o herbicida clethodim isolado e em mistura com o 2,4-D ou com fluroxypyr não foi eficiente no controle de das plantas de milho RR<sup>®</sup> em V8, todavia quando as aplicações foram realizados em V5, o controle apresentado pelo clethodim isolado ou em mistura foi total.

Em todas as épocas de avaliação não foram observadas diferenças no grau de dificuldade de controle das plantas de milho RR<sup>®</sup> pelos herbicidas avaliados entre os estádios de aplicação de V2 e V4, onde todos os herbicidas avaliados foram eficientes. No entanto, a aplicação dos herbicidas em V6 sempre resultou em menor eficiência no controle dessa espécie. Os resultados mostram concordância com os apresentados por Chahal et al. (2014), que avaliando diversos herbicidas inibidores da ACCase verificaram controle médio de 96% das plantas de milho RR<sup>®</sup> quando essas se encontravam com 2 a 3 folhas e controle médio de 85% quando a aplicação era realizada com 5 a 6 folhas. No entanto, Marquardt e Johnson (2013) verificaram controle eficiente e similar das plantas de milho RR<sup>®</sup> pelo herbicida clethodim (79 g ha<sup>-1</sup>) aplicado quando as mesmas se encontravam com 30 ou 90 cm de altura. É importante ressaltar que neste trabalho as plantas de milho que receberam as aplicações dos herbicidas no estágio V6, se encontravam com 125 cm em média de altura.

**Tabela 2.** Redução na altura de plantas e controle avaliado visualmente de milho resistente ao glyphosate após a aplicação de diferentes herbicidas, nos estádios fenológicos V2, V4 e V6. Nova Xavantina-MT. 2014.

Herbicidas	Altura de plantas (cm)			Controle (%)		
	Estádios de Desenvolvimento					
	V2	V4	V6	V2	V4	V6
02 DAA						
Testemunha	20,75 b	38,50 c	133,25 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Sethoxydim	19,00 ab	31,50 b	106,75 a	7,50 bc	6,75 ab	0,00 a
Haloxyfop	21,00 b	26,50 bc	102,25 a	3,50 ab	4,75 ab	0,00 a
Tepraloxymidim	18,50 ab	25,75 b	129,75 b	11,25 c	12,00 b	0,00 a
Fenoxaprop	20,50 ab	24,50 b	109,00 a	2,00 ab	4,50 ab	0,00 a
Paraquat	15,25 a	12,25 a	106,50 a	75,00 d	77,50 c	50,00 b
CV (%)	12,11	15,93	7,56	19,22	21,51	20,00
07 DAA						
Testemunha	39,75 c	46,75 c	145,25 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Sethoxydim	17,50 b	23,50 b	106,50 a	53,75 bc	60,00 bc	8,50 a
Haloxyfop	20,25 b	23,25 b	107,75 a	52,50 b	55,00 b	7,25 a
Tepraloxymidim	18,00 b	25,50 b	127,25 ab	67,50 cd	73,75 c	20,00 b
Fenoxaprop	17,75 b	19,25 b	118,75 a	68,75 d	71,25 c	7,75 a
Paraquat	0,00 a	3,25 a	108,50 a	100,00 e	100,00 d	70,00 c
CV (%)	21,37	17,01	8,75	11,23	10,50	20,28
15 DAA						
Testemunha	62,25 c	66,00 c	152,25 c	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Sethoxydim	16,00 b	4,50 ab	89,75 a	95,00 b	98,75 b	35,00 b
Haloxyfop	15,50 b	11,25 b	110,75 b	93,75 b	98,75 b	26,25 b
Tepraloxymidim	13,25 b	6,50 ab	108,50 b	91,25 b	93,75 b	61,25 c
Fenoxaprop	11,75 b	2,00 ab	113,50 b	96,00 b	97,50 b	38,75 b
Paraquat	0,00 a	0,00 a	106,50 b	100,00 b	100,00 b	77,50 d
CV (%)	22,78	30,35	5,37	5,02b	3,81	15,38
30 DAA						
Testemunha	73,50 b	86,25 b	160,00 d	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Sethoxydim	0,00 a	0,00 a	80,50 a	100,00 b	100,00 b	85,00 c
Haloxyfop	0,00 a	0,00 a	80,50 a	100,00 b	100,00 b	78,75 ab
Tepraloxymidim	0,00 a	0,00 a	98,50 bc	100,00 b	100,00 b	80,00 ab

Fenoxaprop	0,00 a	0,00 a	104,75 c	100,00 b	100,00 b	80,00 ab
Paraquat	0,00 a	0,00 a	88,25 ab	100,00 b	100,00 b	75,00 b
CV (%)	14,01	10,72	6,57	0,0	0,0	6,13
45 DAA						
Testemunha	106,75 b	106,00 b	158,50 c	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Sethoxydim	0,00 a	0,00 a	53,00 a	100,00 b	100,00 b	87,50 d
Haloxifop	0,00 a	0,00 a	51,75 a	100,00 b	100,00 b	80,00 c
Tepraloxymidim	0,00 a	0,00 a	63,00 a	100,00 b	100,00 b	87,50 d
Fenoxaprop	0,00 a	0,00 a	61,00 a	100,00 b	100,00 b	81,25 cd
Paraquat	0,00 a	0,00 a	98,00 b	100,00 b	100,00 b	60,00 b
CV (%)	15,26	13,99	6,89	0,0	0,0	4,77

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aplicações dos herbicidas avaliados quando as plantas de milho RR<sup>®</sup> se encontravam em V2 ou V4 resultaram, aos 45 DAA, em reduções no acúmulo da biomassa da parte aérea variando da magnitude de 12,25 g a 27,25 g, ou seja, reduções quase totais (Tabela 3).

Tabela 3. Redução da massa da matéria seca da parte aérea de plantas de milho resistente ao glyphosate após a aplicação de diferentes herbicidas, em três estádios de desenvolvimento. Nova Xavantina-MT. 2014.

Herbicidas	Matéria seca da parte aérea (%) aos 45 DAA		
	Estádios de Desenvolvimento		
	V2	V4	V6
Testemunha	544,75 b	622,00 b	1094,75 b
Sethoxydim	13,25 a	26,00 a	548,50 a
Haloxifop	18,75 a	21,50 a	612,50 a
Tepraloxymidim	14,50 a	27,25 a	633,50 a
Fenoxaprop	12,25 a	25,00 a	516,00 a
Paraquat	12,25 a	16,25 a	595,50 a
CV (%)	31,08	36,75	14,81

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAA = dias após a aplicação.

O desempenho apresentado pelos herbicidas nesse parâmetro não se repetiu quando as aplicações foram realizadas mais tardiamente (V6), onde os níveis de reduções da massa da matéria seca da parte aérea de plantas de milho RR<sup>®</sup> variaram de 516,00g a 633,50 g não havendo diferenças significativas quanto a eficiência dos herbicidas avaliados. Costa et al. (2014) observaram reduções significativas na matéria seca da parte aérea de plantas de milho RR<sup>®</sup>, aos 42 DAA, com a aplicação dos herbicidas haloxyfop (25, 50 e 62 g ha<sup>-1</sup>) e clethodim (84 g ha<sup>-1</sup>) nos estádios V5 e V8.

Apesar de o herbicida paraquat ter sido eficiente no controle das plantas de milho RR<sup>®</sup> nos estádios V2 e V4, ele não é compatível em associação com o herbicida glyphosate. Isto pode limitar seu uso para este fim, pois, normalmente, no momento das aplicações de dessecação de manejo, outras espécies de plantas daninhas estão presentes na área, o que induziria a necessidade da inclusão do glyphosate na aplicação. Por outro lado, o herbicida paraquat tem demonstrado eficiência no controle de biótipos de *Conyza* (buva) resistentes ao herbicida glyphosate e comuns nas áreas agrícolas no período onde se realiza a dessecação de pré-semeadura. Caso as plantas de milho emergjam durante o ciclo da cultura da soja, o paraquat também não pode ser utilizado, pois não apresenta seletividade a essa cultura. Desse modo, outros herbicidas como os inibidores da ACCase deverão ser extremamente importantes nas áreas de produção de milho e soja RR<sup>®</sup>, principalmente quando houver a presença de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistentes ao herbicida glyphosate. No entanto, é sempre importante ressaltar que já foram registrados biótipos de 46 espécies de gramíneas com resistência aos inibidores de ACCase (Heap, 2015), sendo os inibidores de ACCase o terceiro grupo de herbicidas com maior número de casos de resistências (Kukorelli et al., 2013). Tal fato mostra a importância de se prospectar herbicidas de outros mecanismos de ação eficientes para o controle de plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup>, bem como compatíveis para associações, principalmente com o herbicida glyphosate.

## 6.6. Conclusões

O herbicida paraquat (inibidor do Fotossistema I) e os herbicidas haloxyfop-p-methyl, tepraloxydim, sethoxydim e fenoxaprop-p-ethyl (inibidores da ACCase) são eficientes no controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate nos estádios fenológicos V2 e V4.

Quando aplicado no estádio V6 o herbicida paraquat demonstra-se ineficiente no controle de plantas de milho voluntário resistentes ao herbicida glyphosate, diferentemente

dos herbicidas inibidores da ACCase (haloxyfop-p-methyl, tepraloxym, sethoxydim e fenoxaprop-p-ethyl) que demonstram controle igual ou superior a 80%.

## 6.7.Referências Bibliográficas

ANDERSEN, R.N. Control of volunteer corn and giant foxtail in soybeans. **Weed Science**, v.24, p.253–256, 1976.

ANDERSEN, R.N.; GEADELMANN, J.L. The effect of parentage on the control of volunteer corn (*Zea mays*) in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v.30, p.127–131, 1982.

ANDERSEN, R.N., FORD, J.H.; LUESCHEN, W.E. Controlling volunteer corn (*Zea mays*) in soybeans (*Glycine max*) with diclofop and glyphosate. **Weed Science**, v.30, p.132–136, 1982.

BECKETT, T.H.; STOLLER, E.W. Volunteer corn (*Zea mays*) interference in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v.36, p.159–166, 1988.

BECKETT, T.H.; STOLLER, E.W.; BODE, L.E. Quizalofop and sethoxydim activity as affected by adjuvants and ammonium fertilizers. **Weed Science**, v.40, p.12–19. 1992.

BURKE, I.C. *et. al.* A seedling assay to screen aryloxyphenoxypropionic acid and cyclohexanedione resistance in johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Technology**, v.20, n.4, p.950-955, 2006.

CALDARELLI, C.E.; BACCHI, M.R.P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova economia**, v.22, n.1, p.141-164, 2012.

CHAHAL, P.S. *et. al.* Efficacy of pre-emergence and post-emergence soybean herbicides for control of glufosinate, glyphosate, and imidazolinone resistant volunteer corn. **Journal of Agricultural Science**, v.6, n.8, p.131-140, 2014.

CONAB. Pesquisa de safras. **Indicadores da Agropecuária**. Brasília, v.22, n.11, p.15-25, 2014.

COSTA, N.V. *et. al.* Glyphosate tolerant volunteer corn control at two development stages. **Planta Daninha**, v.32, n.4, p.675-682, 2014.

CRUZ, J.C. *et. al.* Manejo da Cultura do milho em sistema de plantio direto. **Informe agropecuário**, v. 27, n. 233, p. 42-53, 2006.

DEEN, W. *et. al.* Control of volunteer glyphosate-resistant corn (*Zea mays*) in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.20, p.261–266, 2006.

DEFELICE, M.S. *et. al.* Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Science**, v.37, n.3, p.365-374, 1989.

FUJII, T. *et. al.* The sites of electron donation of photosystem I to methyl viologen. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1015, n.1, p.41-48, 1990.

HEAP, I. M. The international survey of herbicide resistant weeds. **Weed Science**, v.50, p. 27-29, 1968. Disponível em: <http://www.weedscience.org>. Acesso em: 08/ fev/ 2015.

IKEDA, F.S. Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário**, v.34, n.276, p.1-8, 2013.

KOGER, C.H. *et. al.* Glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) in Mississippi. **Weed Technology**, v.18, n.3, p.820-825, 2004.

KUKORELLI, G.; REISINGER, P.; PINKE, G. ACCase inhibitor herbicides- selectivity, weed resistance and fitness cost: a review. **Int. J. Pest Manag.**, v.59, 165-173, 2013.

MACIEL, C.D.G. *et. al.* Eficácia do herbicida Haloxifop R (GR-142) isolado e associado ao 2,4-D no controle de híbridos de milho RR® voluntário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.2, p.112-123, 2013.

MARQUARDT, P.T.; JOHNSON, W.G. Influence of clethodim application timing on control of volunteer corn in soybean. **Weed Technology**, v.27, n.4, p.645-648, 2013.

MARQUARDT, P.T.; KRUPKE, C.; JOHNSON, W.G. Competition of transgenic volunteer corn with soybean and the effect on western corn rootworm emergence. **Weed Science**, v.60, n.2, p.193-198, 2012.

MATTOSO, M.J. *et. al.* Aspectos de produção e mercado do milho. **Informe Agropecuário**, v.27, n.233, p.95-104, 2006.

MENGARDA, I.P.; FLECK, N.G. Atividade herbicida de compostos difeniléteres aplicados em pós-emergência à cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.5, p.531-541, 1989.

MOREIRA, M.S. *et. al.* Herbicidas alternativos para o controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.28, n.1, p.167-175, 2010.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R.; SZELEZNIAK, E.F. Sethoxydim response to spray chemical properties and environment. **Weed Technology**, v.8, n.3, p.591-597, 1994.

PRESTON, C.; HOLTUM, J.A.M.; POWLES, S.B. Resistance to the herbicide paraquat and increased tolerance to photoinhibition are not correlated in several weed species. **Plant Physiology**, v.96, n.2, p.314-318, 1991.

ROCHER, J. Soja e milho transgênicos embalam a supersafra. **Gazeta do povo**. Disponível em: <http://agro.gazetadopovo.com.br/noticias/agricultura/soja/soja-e-milho-transgenicos-embalam-a-supersafra/>. Acesso em: 13/ dez./ 2014.

SOARES, D.J. *et. al.* Controle de plantas voluntárias de milho geneticamente modificado tolerante ao glyphosate na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p.1513-1516.

TABILE, R.A. *et. al.* Perdas na colheita de milho em função da rotação do cilindro trilhador e umidade dos grãos. **Scientia Agrária**, n.9, v.4, p.505-510, 2008.

TAO, B.; ZHOU, J.; MESSERSMITH, C.G.; NALEWAJA, J.D. Efficacy of glyphosate plus bentazon or quizalofop on glyphosate-resistant canola or corn. **Weed Technology**, v.21, p.97-101, 2007.

VANGESSEL, M.J. *et. al.* Influence of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) growth stage on response to glyphosate applications. **Weed Technology**, v.23, n.1, p.49-53, 2009.

YOUNG, B.G.; HART S.E. Control of volunteer sethoxydim-resistant corn (*Zea mays*) in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.11, p.649–655, 1997.

## 7. ARTIGO 3

# INTERAÇÕES ENTRE HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS VOLUNTÁRIAS DE MILHO RESISTENTES AO HERBICIDA GLYPHOSATE

### 7.1. Resumo

Com a introdução de cultivares de milho resistentes ao herbicida glyphosate no mercado brasileiro, as plantas voluntárias dessa espécie, oriundas de perdas na colheita, vêm se tornando grave problema em áreas produtoras de grãos. Devido a esse novo cenário, novos herbicidas necessitam ser adicionados nas aplicações de dessecação de pré-semeadura e em pós-emergência, principalmente na cultura da soja, cultivada em sucessão ao milho, para controlar essas plantas voluntárias. Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficácia de diferentes herbicidas no controle de plantas voluntárias de milho resistentes ao glyphosate e verificar a ocorrência de possíveis influências da associação do glyphosate a esses herbicidas no controle dessa espécie. O experimento foi conduzido no município de Nova Xavantina–MT, entre os meses de agosto a outubro de 2014, em área com sistema de irrigação do tipo pivô central. Foi utilizado para as avaliações grãos da geração F2 do híbrido AG 8061 VT PRO2<sup>®</sup>. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 6x2. Os tratamentos consistiram de cinco herbicidas de dois diferentes modos de ação e uma testemunha, com ou sem a adição do glyphosate, totalizando 12 tratamentos, com quatro repetições. As aplicações dos herbicidas foram realizadas no estágio V3 do milho. Os herbicidas paraquat, haloxyfop-p-methyl, tepraloxym, sethoxydim, fenoxaprop-p-ethyl foram eficientes no controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate, independentemente ou não da adição de glyphosate à calda de aplicação. O herbicida glyphosate demonstrou efeito sinérgico quando associado com os herbicidas tepraloxym, haloxyfop-p-methyl e fenoxaprop-p-ethyl, acelerando o controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate.

Palavras-chave: *Zea mays*, sinergismo, plantas daninhas.

# INTERACTIONS BETWEEN HERBICIDES IN CONTROL OF VOLUNTEER MAIZE RESISTANT TO THE HERBICIDE GLYPHOSATE

### 7.2. Abstract

With the introduction of corn cultivars resistant to glyphosate in Brazil, the volunteer plants of this species, originating from seeds losses, are becoming serious problem in grain-

producing areas. Because of this situation, new herbicides need to be added in desiccation applications of pre-plant and post-emergence, mainly in soybean grown in succession to corn, in controlling these volunteer plants. Thus, the aim of this work was to evaluate the efficiency of different herbicide to control volunteer corn plants resistant to glyphosate and verify the occurrence of possible influences of glyphosate association with these herbicides in control this species. The experiment was conducted in Nova Xavantina-MT, in August to October 2014 in an area with center pivot irrigation system. It was used for evaluations F2 grain the hybrid AG 8061 VT PRO2®. The experiment was randomized block design in factorial arrangement 6x2. The treatments consisted of five herbicides in two different modes of action and a witness, with or without the addition of glyphosate, totaling 12 treatments with four replications. The herbicide applications were realized in the V3 stage of maize plants. The herbicides paraquat, haloxyfop-methyl-p, tepraloxym, sethoxydim, fenoxaprop-p-ethyl were efficient in controlling corn plants resistant to glyphosate, regardless whether or not the addition of glyphosate to application of solution. The glyphosate herbicide demonstrated a synergistic effect when combined with herbicides tepraloxym, haloxyfop-P-methyl and fenoxaprop-p-ethyl, accelerating the control maize plants resistant to glyphosate herbicide.

Key words: *Zea mays*, synergism, weeds.

### 7.3. Introdução

No Brasil, a produção de milho vem aumentando nos últimos anos devido, principalmente, a sua importância econômica, sendo este produto matéria prima utilizada em vários setores como na nutrição direta humana, na produção de óleo e na nutrição animal (EIRAS, 2013). Na busca de maiores produtividades nesta cultura, vem se intensificando a utilização de híbridos transgênicos com resistência a lagartas e resistência a herbicidas como o glyphosate.

Na região Centro-Oeste, desde a década de 90, vem sendo utilizada a sucessão de culturas entre soja (safra) e milho (safrinha), devido ao retorno financeiro e benefícios proporcionados por este manejo, que inclui o aumento da palhada, a manutenção do sistema de plantio direto e a supressão de pragas e doenças (Yamada & Abdalla, 2000). Na rotação ou sucessão de culturas com o milho resistente ao herbicida glyphosate, as plantas oriundas da germinação de grãos perdidos durante a colheita são consideradas plantas daninhas, podendo interferir nos fatores produtivos da cultura subsequente causando prejuízos na produção e qualidade dos produtos colhidos (Davis et al., 2008; Marquardt et al., 2012).

A tecnologia presente no híbrido de milho com resistência a glyphosate possibilita que este herbicida seja utilizado sem que cause fitotoxicidade a cultura. Desta forma esta característica dificulta o controle desta planta em situações em que ela se enquadra como planta invasora devido a limitação no manejo químico de pré-semeadura, pós-emergência e

pós-colheita (Maciel et al., 2013). O glyphosate é um herbicida considerado de baixo impacto ambiental por possuir pouca afinidade por lipídeos e baixa bioconcentração em mamíferos, devido ao seu coeficiente de partição octanol/água ser baixo ( $\log K_{ow} = -4,1$ ), assim este ingrediente é observado como uma alternativa viável no manejo de plantas invasoras (Esser, 1986).

No controle preventivo da expansão de plantas invasoras resistentes ao glyphosate, um dos métodos recomendados é a utilização de herbicidas de diferentes modos de ação associados a este herbicida (Kruse et al., 2000). Lich et al. (1997) menciona que entre as associações de herbicidas com glyphosate pode haver interações sinérgicas (controle maior que o esperado) ou antagonísticas (controle menor que o esperado). Entre as interações sinérgicas pode-se citar como exemplo da associação de glyphosate com chlorimuron-ethyl (Starke & Olive, 1998; Monquero et al., 2001; Procópio et al., 2007), imazethapyr (Monquero et al., 2001; Procópio et al., 2007), carfentrazone-ethyl (Carvalho et al., 2002) e saflufenacil (Cardoso et al., 2008) no controle de *C. benghalensis* e outras plantas daninhas. O sinergismo na mistura de herbicidas é caracterizado quando há um efeito combinado maior que o esperado, quando estes herbicidas são utilizados separadamente, que de acordo com Jordan e Warren (1965), este efeito geralmente é motivado pelo aumento da absorção e translocação destes herbicidas, pela interação de seus mecanismos de ação e pela inibição de seu metabolismo na planta.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficácia de diferentes herbicidas no controle de plantas voluntárias de milho resistentes ao glyphosate e verificar a ocorrência de possíveis influências da associação do glyphosate a esses herbicidas no controle dessa espécie.

#### **7.4. Material e Métodos**

O trabalho foi conduzido na Fazenda Roberta localizada no município de Nova Xavantina–MT, tendo como coordenadas geográficas: latitude sul 15°05'25'', longitude oeste 52°51'56'' e altitude de 560 metros. O experimento foi conduzido entre os meses de agosto a outubro de 2014, em área com sistema de irrigação do tipo pivô central. O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho-amarelo eutrófico, de textura média.

A semeadura do milho (AG 8061 VT PRO2<sup>®</sup>) foi realizada de forma mecanizada no dia 15 de agosto de 2014, sendo utilizados grãos derivados da colheita da 1ª geração desse híbrido (F2), simulando os grãos provenientes das perdas na colheita mecanizada. O espaçamento utilizado para o ensaio foi de 0,50 m entre as linhas, sendo depositadas 3,5

sementes por metro, visando se obter uma população final estimada em 70 mil plantas por hectare. Não foi realizada nenhuma adubação, seja de base ou de cobertura, como também nenhum tipo de tratamento das sementes com fungicidas ou inseticidas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 6x2, totalizando 12 tratamentos. Os tratamentos foram formados pela combinação de seis tratamentos herbicidas voltados para o controle das plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup> (Tabela 1), com ou sem a adição do herbicida glyphosate (Zapp QI 620) na dose de 1000 g ha<sup>-1</sup>. Este herbicida é utilizado constantemente para o controle de plantas daninhas tanto na dessecação de pré-semeadura como em aplicações em pós-emergência na cultura da soja RR<sup>®</sup>, portanto a grande maioria das aplicações de herbicidas para o controle de plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup> deve estar associada ao glyphosate.

As parcelas possuíam 10 m<sup>2</sup> de área total, sendo 2 metros de largura por 5 metros de comprimento, entretanto a área útil utilizada para as avaliações foi de 4 m<sup>2</sup>, sendo 1 m de largura por 4 m de comprimento.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos herbicidas utilizados para o controle de plantas voluntárias de milho resistente ao herbicida glyphosate, avaliados com ou sem a associação ao herbicida glyphosate. Nova Xavantina-MT. 2014.

Tratamentos herbicidas	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Nome Comercial	Mecanismo de Ação
Sethoxydim	207,00	Poast <sup>®</sup>	Inibidor da ACCase
Haloxypop-p-methyl	54,00	Verdict <sup>®</sup> R	Inibidor da ACCase
Tepraloxymidim	87,50	Aramo 200 <sup>®</sup>	Inibidor da ACCase
Fenoxaprop-p-ethyl	96,25	Podium EW	Inibidor da ACCase
Paraquat	450,00	Gramoxone 200 <sup>®</sup>	Inibidor do FS I
Testemunha	-	-	-

A aplicação dos herbicidas foi realizada no estádio V3 das plantas de milho RR<sup>®</sup>, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, com barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo leque 110-02, espaçados em 0,50 m. O volume de calda utilizado foi o equivalente a 150 litros por hectare. As condições climáticas monitoradas durante a aplicação dos herbicidas foram: temperatura média: 29°C, umidade relativa do ar média: 60%; e velocidade do vento média: 4 km h<sup>-1</sup>.

As características avaliadas foram: Altura de plantas (cm) aos 2, 7, 15, 30 e 45 dias após a aplicação (DAA), sendo computadas a altura de 10 plantas escolhidas ao acaso na área útil da parcela; Controle avaliado visualmente aos 2, 7, 15, 30 e 45 DAA, utilizando-se escala percentual, onde 100% significa todas as plantas mortas e 0% nenhum tipo de sintoma detectado; Massa da matéria seca da parte aérea (g) aos 45 DAA. Para esta última avaliação, foram coletadas 10 plantas ao acaso da área útil da parcela, sendo posteriormente desidratadas em estufa com circulação de ar forçada à 70°C por 72 h e pesadas em balança analítica.

Os dados coletados foram tabulados e submetidos à análise de variância, onde foram analisados pelo Teste F a 1 e 5% de probabilidade, sendo as médias das variáveis significativas comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **7.5. Resultados e Discussão**

Na Tabela 2 podem ser visualizados os resultados referentes à quantificação da altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> em diferentes períodos após a aplicação dos herbicidas. Na primeira avaliação realizada dois dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, todos os tratamentos herbicidas apresentaram redução na altura das plantas em relação à testemunha, independentemente se associado ou não com o herbicida glyphosate, onde nesta situação o herbicida paraquat destacou-se demonstrando maior supressão no desenvolvimento das plantas de milho RR<sup>®</sup> em relação aos demais herbicidas. Isto se deve a este herbicida ser um aceptor de elétrons auto-oxidado no fotossistema I, que na presença de luz, reage, causando a depleção de NADPH e inibição da carboxilação, além de produzir, após interação com o oxigênio, superóxidos que promovem a destruição das membranas dos cloroplastos por peroxidação (Fuji et al., 1990; Preston et al., 1991).

Na seguinte avaliação (7 DAA), apesar de não haver interação entre os fatores, estes demonstraram diferenças significativas quando avaliados individualmente. A adição do glyphosate junto aos herbicidas destinados ao controle das plantas de milho RR<sup>®</sup> promoveu maior redução na altura das plantas de milho em relação à aplicação dos herbicidas de forma isolada (Tabela 2). Nas parcelas que receberam o herbicida paraquat (com ou sem a adição de glyphosate) não foi possível a realização da medição da altura das plantas, pois todas já se encontravam totalmente prostradas junto ao solo. Em relação aos efeitos dos demais herbicidas nessa avaliação (7 DAA), foi constatada maior redução no crescimento das plantas de milho com a aplicação de fenoxaprop-p-ethyl em comparação com os efeitos demonstrados

com a utilização de sethoxydim ou de haloxyfop-p-methyl. Os herbicidas inibidores de ACCase (Acetil Coenzima A Carboxilase) ocasionam a inibição desta enzima, ocasionando no bloqueio da síntese de lipídeos nas plantas susceptíveis (Burke et al., 2006). Desta forma, o desenvolvimento da parede celular é comprometido, principalmente nas regiões em desenvolvimento (Nalewaja et al., 1994). Foram observados nos tratamentos envolvendo esse grupo de herbicidas sintomas de paralisação do crescimento e o amarelecimento das folhas como descrito por Vargas & Roman (2006) e DeFelice et al. (1989).

Na terceira avaliação realizada aos 15 DAA, observou-se uma interação entre os fatores avaliados. O tratamento controle que recebeu apenas a aplicação de glyphosate apresentou maior desenvolvimento na altura de plantas de milho RR<sup>®</sup> em relação à testemunha sem nenhuma aplicação de herbicidas (Tabela 2), devido a inibição da interferência de plantas daninhas nessas parcelas, as quais foram controladas por este herbicida. A adição de glyphosate potencializou a ação do herbicida haloxyfop-p-methyl em relação a inibição do crescimento das plantas de milho RR<sup>®</sup>. Ainda sobre essa avaliação (15 DAA), entre os tratamentos herbicidas que foram associados ao glyphosate, apenas foi possível a realização da medição da altura de plantas de milho RR<sup>®</sup> nas parcelas pulverizadas com sethoxydim, contudo a altura das plantas foi drasticamente inibida quando comparada ao tratamento controle. Soares et al. (2010) observaram eficiência no controle de milho RR voluntário em V5/V6, em cinco diferentes localidades, com a aplicação de clethodim (84; 108), sethoxydim (184; 230), tepraloxym (80; 100), clethodim+fenoxaprop-p-ethyl (40+40; 50+50), fluazifop-p-butyl (125; 188), haloxyfop-methyl (50; 62), sendo todas as doses são apresentadas em g ha<sup>-1</sup>.

Não foi mais possível, nas avaliações realizadas aos 30 e 45 DAA, a realização da quantificação dos valores de altura das plantas de milho RR<sup>®</sup> em todos os tratamentos que receberam os herbicidas destinados ao controle dessa espécie, independentemente se associados ou não ao herbicida glyphosate, pois todas as plantas já estavam derriçadas ao solo e em início de decomposição, mostrando que todos os herbicidas avaliados foram eficientes no controle do milho RR<sup>®</sup>, no estágio de V3 (Tabela 2). A adição do herbicida glyphosate não prejudicou a eficiência dos herbicidas avaliados, sendo que em alguns casos, acelerou o efeito de alguns herbicidas no controle do milho RR<sup>®</sup>. Novamente nessas avaliações, notou-se que entre os tratamentos que não receberam os herbicidas destinados especificamente ao controle das plantas de milho RR<sup>®</sup>, o crescimento das plantas de milho foi significativamente maior

nas parcelas com glyphosate, demonstrando que esse herbicida impediu a competição das plantas daninhas provenientes do banco de sementes do solo, com as plantas de milho RR<sup>®</sup>, o que reforça a importância da presença desse herbicida nas aplicações envolvendo o sistema de produção soja-milho. Conforme Machado et al. (2012), o glyphosate é um herbicida que apresenta amplo espectro de ação, controlando diversas espécies daninhas.

Em relação ao controle das plantas de milho RR<sup>®</sup> avaliado visualmente, o herbicida paraquat aos 2 DAA já ocasionou sintomas de fitotoxicidade elevados, causando a morte de todas as plantas de milho RR<sup>®</sup>, independentemente da adição ou não de glyphosate ao tratamento, confirmando ser um dessecante de rápida ação sobre as plantas de milho, quando aplicado no estágio fenológico V3. Dos demais herbicidas, somente o tepraloxym dim com e sem glyphosate promoveu injúrias às plantas de milho RR<sup>®</sup> significativas em relação à testemunha, porém de grau ainda leve.

Na avaliação seguinte (7 DAA), a interação entre os fatores demonstrou que os herbicidas haloxyfop-p-methyl, tepraloxym dim e fenoxaprop-p-ethyl misturados com glyphosate obtiveram notas visuais de controle de milho RR<sup>®</sup> superiores em relação a utilização individual dos mesmos, fato contrário ao verificado para o herbicida sethoxydim (Tabela 2). Entre os tratamentos herbicidas sem a adição de glyphosate, o paraquat continuou sendo o mais eficiente nessa avaliação (7 DAA), pois já havia eliminado todas as plantas de milho RR<sup>®</sup> na avaliação anterior. No entanto, quando houve a adição de glyphosate na calda herbicida, o efeito oriundo da ação do paraquat não diferiu estatisticamente dos herbicidas haloxyfop-p-methyl, tepraloxym dim e fenoxaprop-p-ethyl. Segundo Lima et al. (2011), a adição de glyphosate não acarretou efeitos antagônicos na eficácia dos herbicidas 2,4-D, [MSMA + diuron] e [paraquat + diuron], porém potencializou a ação do metsulfuron-methyl no controle de plantas voluntárias de soja RR<sup>®</sup>.

Diferenças no controle de milho RR<sup>®</sup>, entre todos os herbicidas, com ou sem a adição de glyphosate, não mais foi verificada nas avaliações realizadas aos 15, 30 e 45 DAA, onde se verifica controle total das plantas de milho RR<sup>®</sup>, com aplicações realizadas em V3 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Altura de plantas e controle avaliado visualmente de milho RR<sup>®</sup> após a aplicação de diferentes herbicidas no estágio fenológico V3, com e sem a adição de glyphosate. Nova Xavantina-MT. 2014.

Herbicidas	Altura de plantas (cm)				Controle (%)					
	Sem glyphosate		Com glyphosate		Sem glyphosate		Com glyphosate		Média	
02 DAA										
Testemunha	32,50		35,00		33,75	a	0,00	cA	0,00	0,00
Sethoxydim	29,75		21,00		25,37	b	4,00	cA	4,50	4,25
Haloxifop	27,25		23,25		25,25	b	5,50	cA	5,25	bcA
Tepraloxymim	27,25		22,25		24,75	b	12,75	bA	11,25	bA
Fenoxaprop	21,75		21,25		21,50	b	6,00	cA	6,00	bcA
Paraquat	10,00		14,00		12,00	c	100,00	aA	100,00	aA
Média	24,75		22,79				21,37		21,16	
CV (%)	19,04				14,62					
07 DAA										
Testemunha	41,25		42,25		41,75	a	0,00	cA	0,00	0,00
Sethoxydim	27,25		23,75		25,50	b	81,25	bA	72,50	bB
Haloxifop	24,00		17,75		20,88	b	76,25	bB	88,75	aA
Tepraloxymim	20,50		16,75		18,63	bc	80,00	bB	91,25	aA
Fenoxaprop	19,50		6,25		12,88	c	86,00	bB	97,50	aA
Paraquat	0,00		0,00		0,00	d	100,00	aA	100,00	aA
Média	22,08	A	17,79	B			70,58		75,00	
CV (%)	24,84				7,59					
15 DAA										
Testemunha	53,25	aB	75,75	aA	64,5		0,00		0,00	0,00
Sethoxydim	9,50	bA	9,75	bA	9,62		99,75		96,25	98,00
Haloxifop	7,25	bcA	0,00	cB	3,62		99,75		100,00	99,87
Tepraloxymim	1,25	cdA	0,00	cA	0,62		99,75		100,00	99,87
Fenoxaprop	0,00	dA	0,00	cA	0,00		100,00		100,00	100,00
Paraquat	0,00	dA	0,00	cA	0,00		100,00		100,00	100,00
Média	11,87		14,25				83,21		82,71	
CV (%)	22,70				1,74					
30 DAA										
Testemunha	69,00	aB	87,00	aA	78,00		0,00		0,00	0,00
Sethoxydim	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Haloxifop	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Tepraloxymim	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Fenoxaprop	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Paraquat	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Média	11,50		14,50				83,33		83,33	
CV (%)	15,03				0,00					
45 DAA										
Testemunha	82,50	aB	105,75	aA	94,12		0,00		0,00	0,00
Sethoxydim	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Haloxifop	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Tepraloxymim	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Fenoxaprop	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Paraquat	0,00	bA	0,00	bA	0,00		100,00		100,00	100,00
Média	13,75		17,62				83,33		83,33	

CV (%)	16,54	0,00
--------	-------	------

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAA= Dias após a aplicação.

O acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas de milho RR<sup>®</sup>, aos 45 DAA, não variou de acordo com o herbicida aplicado, sendo que todos causaram uma diminuição drástica no acúmulo de matéria seca em relação à testemunha, independentemente da adição ou não do herbicida glyphosate (Tabela 3). Maciel et al. (2013) observaram que o herbicida haloxyfop-R nas doses de 25, 50 e 62 g ha<sup>-1</sup>, foi eficiente no controle de plantas de milho resistentes ao glyphosate nos estádios de desenvolvimento de V5 e V7. Observa-se que a testemunha com glyphosate proporcionou um acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas de milho RR<sup>®</sup> superior em relação à testemunha sem glyphosate, devido a menor competição promovida pela ação do glyphosate sobre as plantas emergidas espontaneamente na área experimental, fato também já abordado na discussão dos resultados referentes a avaliação da altura das plantas de milho RR<sup>®</sup>.

**Tabela 3.** Massa da matéria seca da parte aérea de plantas de milho RR<sup>®</sup> após a aplicação de diferentes herbicidas no estágio fenológico V3, com e sem a adição de glyphosate, avaliada aos 45 dias após a aplicação. Nova Xavantina-MT. 2014.

Herbicidas	Massa da matéria seca da parte aérea (g)	
	Sem glyphosate	Com glyphosate
Testemunha	653,60 aB	907,08 aA
Sethoxydim	42,14 bA	37,84 bA
Haloxyfop	24,51 bA	28,38 bA
Tepraloxymidim	26,23 bA	24,94 bA
Fenoxaprop	21,50 bA	30,53 bA
Paraquat	18,49 bA	21,07 bA
CV (%)	24,96	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É importante ressaltar que o herbicida glyphosate não prejudicou a eficiência do paraquat no controle de milho RR<sup>®</sup>, porém é sabido que o inverso acontece, ou seja, o

herbicida paraquat tende a prejudicar a eficiência do glyphosate no controle de outras espécies de plantas daninhas que porventura ocorram nas áreas agrícolas. Tal fato acaba por comprometer a adoção da associação entre esses herbicidas, além de se considerar o fato do paraquat não ser seletivo em aplicações realizadas em pós-emergência na cultura da soja. O herbicida paraquat pode ser importante, em aplicações de dessecação de pré-semeadura, em áreas agrícolas com predominância de plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup> em estádios iniciais de crescimento e de biótipos de buva (*Conyza ssp.*) resistentes ao glyphosate.

Os herbicidas inibidores da ACCase tem como vantagens o fato de serem seletivos a cultura da soja, de controlarem, de modo geral, plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup> que se encontrem em estádios de desenvolvimento mais avançados e de também auxiliarem no controle de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistentes ao herbicida glyphosate. Registra-se que há variabilidade entre os herbicidas desse grupo na eficiência de controle tanto das plantas voluntárias de milho RR<sup>®</sup>, como no controle de biótipos de capim-amargoso resistentes ao glyphosate, principalmente em aplicações mais tardias. No entanto, caso haja a presença de biótipos de buva (*Conyza ssp.*) resistentes ao glyphosate, ou mesmo outras espécies de folhas largas tolerantes ao glyphosate, um terceiro herbicida associada a calda, ou mesmo uma aplicação sequencial pode ser necessária para o manejo eficiente das plantas daninhas. Segundo Carvalho et al. (2002), o glyphosate é um dos herbicidas mais utilizados na operação de manejo; entretanto, sua alta eficiência em gramíneas não é observada no controle de algumas latifoliadas, necessitando, muitas vezes, do complemento de outros herbicidas.

## **7.6. Conclusões**

O herbicida paraquat (inibidor do Fotossistema I) e os herbicidas haloxyfop-p-methyl, tepraloxym, sethoxydim, fenoxaprop-p-ethyl (inibidores de ACCase), com ou sem a adição do herbicida glyphosate, são eficientes no controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate, no estágio fenológico V3.

O herbicida glyphosate demonstrou efeito sinérgico quando associado com os herbicidas tepraloxym, haloxyfop-p-methyl e fenoxaprop-p-ethyl, acelerando o controle de plantas de milho resistentes ao herbicida glyphosate, no estágio fenológico V3.

## 7.7.Referências Bibliográficas

BURKE, I.C. *et. al.* . A seedling assay to screen aryloxyphenoxypropionic acid and cyclohexanedione resistance in johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Technology**, v.20, n.4, p.950-955, 2006.

CARDOSO, L.A. *et. al.* Manejo químico de *Commelina benghalensis* com o herbicida BAS 800 H aplicado isolado ou em mistura com outros herbicidas. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS/ XVIII CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 2008, Ouro Preto. **Resumos...** Sete Lagoas: SBCPD /Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

CARVALHO, F. T. *et al.* Eficácia do carfentrazone aplicado no manejo de plantas daninhas para o plantio direto do algodão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.3, p.104-107, 2002.

DAVIS, V.M.; MARQUARDT, P.T.; JOHNSON, W.J. Volunteer corn in northern Indiana soybean correlates to glyphosate resistant corn adoption. **Crop Management**, 2008. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/brief/2008/volunteer/>> (Acesso em: 10/11/2014).

DEFELICE, M.S. *et. al.* Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Science**, v.37, n.3, p.365-374, 1989.

EIRAS, D.L. **Perda de matéria seca em grãos de milho submetidos a sistemas de secagem natural e artificial**. 2013. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo. Botucatu, 2013.

ESSER, H.O. A review of the correlation between physicochemical properties and bioaccumulation. **Pesticide Science**, v.17, p.265-276, 1986.

FUJII, T. *et. al.* The sites of electron donation of photosystem I to methyl viologen. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1015, n.1, p.41-48, 1990.

HYDRICK, D.E.; SHAW, D.R. Sequential herbicide applications in stale seedbed soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.8, n.4, 1994.

JORDAN, D.L. *et. al.* Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technology**, v.11, p.354-362, 1997.

JORDAN, T.N.; WARREN, G.F. Herbicide combinations and interactions. In: HERBICIDE ACTION COURSE. **Lectures...**Indiana: Purdue University, 1995. p.238-254.

KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.2, n.1, p.139-146, 2000.

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

LIMA, D.B.C.; SILVA, A.G.; PROCÓPIO, S.O.; BARROSO, A.L.L.; DAN, H.A.; COSTA, E.B.; Pereira, A.J.B. Seleção de herbicidas para o controle de plantas voluntárias de soja resistentes ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.1, p.01-12, 2011.

MACHADO, V.M. *et al.* Controle químico e mecânico de plantas daninhas em áreas em recuperação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.2, p.139-147, 2012.

MACIEL, C.D.G. *et al.* Eficácia do Herbicida Haloxifop R (GR-142) Isolado e associado ao 2,4-D no controle de híbridos de milho RR<sup>®</sup> voluntário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.2, p. 112-123, 2013.

MARQUARDT, P.T. *et al.* Competitive effects of volunteer corn on hybrid corn growth and yield. **Weed Science**, v.60, n.4, p.537-541, 2012.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFOLLETTI, P.J.; SANTOS, C.T.D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.375-380, 2001.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R.; SZELEZNIAK, E.F. Sethoxydim response to spray chemical properties and environment. **Weed Technology**, v.8, n.3, p.591-597, 1994.

POWLES, S.B. *et al.* Herbicide resistance: impact and management. **Advances in Agronomy**, v.58, p.57-93, 1997.

PRESTON, C.; HOLTUM, J.A.M.; POWLES, S.B. Resistance to the herbicide paraquat and increased tolerance to photoinhibition are not correlated in several weed species. **Plant Physiology**, v.96, n.2, p.314-318, 1991.

PROCÓPIO, S. O. *et al.* Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 365-373. 2007.

SOARES, D.J. *et. al.* Controle de plantas voluntárias de milho geneticamente modificado tolerante ao glyphosate na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p.1513-1516.

STARKE, R.J.; OLIVER, L.R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr and sulfentrazone. **Weed Science**, v.46, p.652-660, 1998.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho?** Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 91, p. 1-5, 2000.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos experimentos mostraram que existem herbicidas disponíveis no mercado brasileiro passíveis de serem utilizados com eficiência no controle de milho resistente ao herbicida glyphosate, seja em aplicações de dessecação de pré-semeadura, ou em aplicações em pós-emergência na cultura da soja.

A análise dos resultados também mostrou que quanto mais tarde as aplicações são realizadas, mais difícil se torna o controle das plantas de milho resistente ao herbicida glyphosate. Essa tendência ficou muito explicitada para o herbicida paraquat, que mostrou séria limitação em relação ao estágio de desenvolvimento das plantas de milho.

Nenhum dos herbicidas teve sua ação sobre as plantas de milho resistente ao herbicida glyphosate prejudicada pela associação com o herbicida glyphosate. Alguns herbicidas tiveram sua ação acelerada com a presença do herbicida glyphosate na calda de aplicação.

Dentre os herbicidas avaliados destaca-se o grupo dos inibidores da ACCase, como os mais eficientes e versáteis em relação ao estágio de aplicação, sejam os pertencentes ao grupo das ciclohexanodionas ou dos derivados do ácido ariloxifenoxipropiônico. Herbicidas desse grupo podem também contribuir para o controle de biótipos de capim-amargoso resistentes ao herbicida glyphosate, além de serem seletivos a cultura da soja. Todavia, vários casos de biótipos de plantas daninhas resistentes a esse grupo de herbicidas já foram identificados, o que demonstra a necessidade de se buscar opções de herbicidas com outros mecanismos de ação.

Novos experimentos sobre esse tema são ainda necessários a fim de se esclarecer pontos como: Tolerância diferencial entre híbridos de milho aos herbicidas selecionados; Fitotoxicidade de inibidores de ACCase a cultivares de soja, quando aplicados em associação ao herbicida glyphosate; Dinâmica da emergência de plantas voluntárias de milho ao longo da entressafra e da safra de soja; Potencial de interferência das plantas voluntárias de milho na cultura da soja em condições de Cerrado.