

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DO GLYPHOSATE EM CULTIVARES DE SOJA RR E DO
HERBICIDA NICOSULFURON APLICADO EM HÍBRIDOS DE MILHO-PIPOCA
EM TRÊS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO.**

SIDNEI DOUGLAS CAVALIERI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Setembro – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DO GLYPHOSATE EM CULTIVARES DE SOJA RR E DO
HERBICIDA NICOSULFURON APLICADO EM HÍBRIDOS DE MILHO-PIPOCA
EM TRÊS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO.**

SIDNEI DOUGLAS CAVALIERI

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Setembro – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C376i Cavalieri, Sidnei Douglas, 1982-
Influência do glyphosate em cultivares de soja RR e do herbicida nicosulfuron aplicado em híbridos de milho-pipoca em três estádios de desenvolvimento / Sidnei Douglas Cavalieri. - Botucatu : [s.n.], 2010
xii, 67 f. : il., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010
Orientador: Edivaldo Domingues Velini
Inclui bibliografia.

1. *Glycine max*. 2. *Zea mays*. 3. Inibidores da EPSPs. 4. Inibidores da ALS. 5. Seletividade. I. Velini, Edivaldo Domingues. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

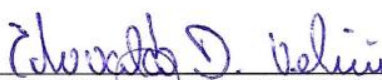
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "INFLUÊNCIA DO GLYPHOSATE EM CULTIVARES DE SOJA RR E DO
NICOSSULFURON APLICADO EM HÍBRIDOS DE MILHO-PIPOCA EM
TRÊS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO"**

ALUNO: SIDNEI DOUGLAS CAVALIERI

ORIENTADOR: PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

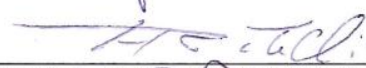
Aprovado pela Comissão Examinadora



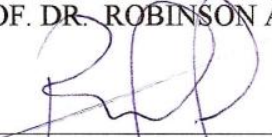
PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI



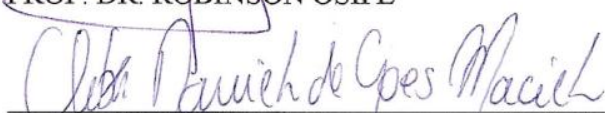
PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES



PROF. DR. ROBINSON ANTONIO PITELLI



PROF. DR. ROBINSON OSIPE



PROF. DR. CLEBER DANIEL DE GOES MACIEL

Data da Realização: 10 de setembro de 2010.

Dedico

“Aos meus amados pais Cidines Cavalieri e Tereza Geraldi de Lima, por todo amor, educação, carinho, dedicação, compreensão, incentivo e confiança, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.”

Ofereço

“Aos meus avós Antônio Cavaliéri (*in memorian*) e Cesira Luigia Brondani Cavaliéri,
que ao longo de vossas vidas, foram exemplos de caráter, pregando bondade e
cidadania”

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me iluminar e me conduzir até esse momento, proporcionando-me força e sabedoria para enfrentar todas as dificuldades que a mim são confiadas.

A Faculdade de Ciência Agrônômicas / UNESP, pela oportunidade de realização do curso de doutorado e pela excelente formação profissional proporcionada a mim.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de estudo concedida e pelos recursos de reserva técnica de bolsas, indispensáveis para a realização do estágio nos Estados Unidos (EUA).

Ao amigo e professor Dr. Edivaldo Domingues Velini, pela oportunidade, confiança, orientação, amizade, companheirismo e valiosos ensinamentos científicos e profissionais.

Ao amigo e professor Dr. Stevan Knezevic, pela recepção, oportunidade, orientação e valiosos ensinamentos durante o estágio no Haskell Agricultural Laboratory - University of Nebraska – Lincoln, Concord, Nebraska, EUA.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas correções e sugestões ao trabalho.

Aos meus pais, por acreditarem em meu potencial, apoiando-me em todos os momentos de dificuldade e, principalmente, pelo amor dedicado a mim.

Ao meu irmão Jhonatan Diego Cavalieri, pela amizade, apoio, companheirismo, incentivo e confiança em todos os momentos.

Aos amigos e professores da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Rubem Silvério de Oliveira Junior e Jamil Constantin, pelo apoio, valiosos ensinamentos científicos e profissionais e pela amizade, sendo responsáveis pelos meus primeiros passos na área de Ciência das Plantas Daninhas.

Aos amigos e Engenheiros Agrônomos Alcebiádes Rebouças São José, Caio Marcio Guimarães Santos, Ferdinando Marcos Lima Silva, Franco Willian Novaes Dourado e Gabriel José Massoni de Andrade, pela amizade, bons momentos de convívio e indispensável colaboração na condução do experimento realizado no Brasil.

Aos amigos e Engenheiros Agrônomos Avishek Datta, Brian Nielson, Goran Malidza, Jon Scott, Mario Lesnik, Robert Leskovsek e Santiago Ulloa, pela amizade, bom momentos de convívio e valiosa colaboração na condução dos experimentos realizados nos Estados Unidos.

Aos amigos e engenheiros agrônomos membros do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM): Caio Antônio Carbonari, Eduardo Negrisoni, Luis Rodrigo Miyamoto Barberis, Marcelo Giroto e Rosilaine Araldi, pela amizade e harmoniosa convivência no decorrer do curso de doutorado.

Aos amigos e técnicos de campo e laboratório, Luiz Marcelo Siono, José Guilherme Cordeiro e José Roberto Marques Silva, pela amizade e preciosas colaborações durante as diversas etapas da pesquisa.

Aos amigos de Pós-graduação, pela amizade e ajuda no decorrer das disciplinas cursadas.

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal, pela amizade e conhecimentos fornecidos no decorrer das disciplinas.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma cooperaram para o planejamento e execução deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
RESUMO.....	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 Experimento com soja RR resistente ao herbicida glyphosate.....	8
2.2 Experimento com milho-pipoca e o herbicida nicosulfuron.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Experimento com soja RR resistente ao herbicida glyphosate.....	18
3.2 Experimento com milho-pipoca e o herbicida nicosulfuron.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Experimento com soja RR resistente ao herbicida glyphosate.....	23
4.2 Experimento com milho-pipoca e o herbicida nicosulfuron.....	32
4.2.1 Híbrido - A 448 White.....	32
4.2.2 Híbrido – N III Yellow.....	43
5 CONCLUSÕES.....	56
5.1 Experimento com soja RR resistente ao herbicida glyphosate.....	56
5.2 Experimento com milho-pipoca e o herbicida nicosulfuron.....	57
6 REFERÊNCIAS.....	58

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Molécula estrutural do glyphosate.....	9
2 Molécula estrutural do nicosulfuron.....	13
3 Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na fitointoxicação (%) do milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT), em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	34
4 Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	37
5 Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron em componentes de produção (comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) no estádio V7 da cultura.....	40
6 Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após o tratamento no estádio V7 da cultura.....	42
7 Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na fitointoxicação (%) das plantas de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	45
8 Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	48
9 Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron em componentes de produção (plantas m^{-2} , comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido	

N III Yellow) após o tratamento nos estádios V5 e V7 da cultura.....	52
10 Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) após o tratamento nos estádios V5 e V7 da cultura.....	54

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) pela parte aérea de cultivares de soja aos 15 dias após o tratamento (DAT) com formulações do herbicida glyphosate (960 g e.a ha ⁻¹).....	24
2 Acúmulo de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn e B) pela parte aérea de cultivares de soja aos 15 dias após o tratamento (DAT) com formulações do herbicida glyphosate (960 g e.a ha ⁻¹).....	24
3 Concentração de macronutrientes nas caldas de pulverização das distintas formulações de glyphosate usadas no experimento.....	28
4 Concentração de micronutrientes nas caldas de pulverização das distintas formulações de glyphosate usadas no experimento.....	28
5 Acúmulo de matéria seca de hastes, folhas e parte aérea (hastes + folhas) de cultivares de soja aos 15 dias após o tratamento (DAT) com formulações do herbicida glyphosate (960 g e.a ha ⁻¹).....	29
6 Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) pela parte aérea de plantas de soja (cultivar V Max RR) aos 15 dias após o tratamento (DAT) com o herbicida glyphosate (793 g e.a ha ⁻¹) na formulação Roundup Ready®.....	31
7 Acúmulo de micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu e B) pela parte aérea de plantas de soja (cultivar V Max RR) aos 15 dias após o tratamento (DAT) com o herbicida glyphosate (793 g e.a ha ⁻¹) na formulação Roundup Ready®.....	32
8 Acúmulo de matéria seca (g) pela parte aérea de plantas de soja (cultivar V Max RR) aos 15 dias após o tratamento (DAT) com o herbicida glyphosate (793 g e.a ha ⁻¹) na formulação Roundup Ready®.....	32

9 Fitointoxicação do milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	33
10 Equações de regressão em função da fitointoxicação do milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	35
11 Altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) em relação à testemunha aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	36
12 Equações de regressão em função da altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) em relação à testemunha aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	38
13 Componentes de produção (plantas m ⁻² , espigas m ⁻² , comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após o tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	39
14 Equações de regressão em função de componentes de produção (comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) e produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após o tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron no estágio V7 da cultura.....	41
15 Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) submetido ao tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	41
16 Fitointoxicação das plantas de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	44

17 Equações de regressão em função da fitointoxicação das plantas de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	46
18 Altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) em relação à testemunha aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	47
19 Equações de regressão em função da altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	49
20 Componentes de produção (plantas m ⁻² , espigas m ⁻² , comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) após o tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	50
21 Equações de regressão em função de componentes de produção (espigas m ⁻² , comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) e produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron nos estádios V5 e V7 da cultura.....	51
22 Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) após o tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.....	53

RESUMO

O estudo da seletividade e dos efeitos secundários dos herbicidas nas culturas agrícolas é de extrema importância para o sucesso da agricultura. No presente trabalho, três experimentos foram realizados. O primeiro, conduzido em casa-de-vegetação localizada na Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu (SP), teve como objetivo avaliar o efeito de formulações comerciais de glyphosate em parâmetros nutricionais e acúmulo de matéria seca de duas cultivares de soja RR resistentes ao glyphosate. Os tratamentos avaliados resultaram do arranjo fatorial entre formulações de glyphosate (Roundup Original[®], Roundup Ready[®], Roundup Transorb[®], Roundup WG[®], Roundup Ultra[®] e Zapp Qi[®]), mais uma testemunha e cultivares de soja RR (CD 225 RR e V Max RR), conduzidos em delineamento de blocos completos casualizados com seis repetições. As aplicações dos herbicidas ocorreram quando as plantas de soja apresentavam-se no estágio V3 (25 dias após a emergência), na dosagem de 960 g e.a. ha⁻¹. Transcorridos 15 dias após o tratamento, a parte aérea das plantas de soja foi colhida e seca em estufa. Depois de secas, obtiveram-se os dados de massa da matéria seca de hastes, folhas e parte aérea (hastes + folhas), sendo em seguida o material triturado e enviado para laboratório para análise dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn e B). Após isso, de posse dos resultados das análises laboratoriais, calculou-se o acúmulo de nutrientes na parte aérea de cada planta presente nos vasos. De forma geral, o acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e matéria seca na parte aérea das plantas de soja sempre foi maior na cultivar

V Max RR em relação à CD 225 RR. As formulações Roundup Ready® e Roundup Ultra®, não apresentaram problemas no que diz respeito ao acúmulo de nutrientes e matéria seca na parte aérea das cultivares. Por outro lado, Roundup Transorb®, Roundup Original® e Roundup WG® foram as formulações que mais proporcionaram prejuízos à nutrição das cultivares e ao acúmulo de matéria seca. Concluiu-se que a escolha da formulação do herbicida glyphosate para controle de plantas daninhas em soja RR deve ser realizada com critério e que a resposta quanto ao acúmulo de nutrientes e matéria seca na parte aérea das plantas de soja é dependente da cultivar utilizada. O segundo e terceiro experimento, conduzidos em campo no Haskell Agricultural Laboratory, Concord, NE, EUA, foram realizados com o intuito de avaliar a tolerância de dois híbridos de milho-pipoca (A 448 White e N III Yellow) ao nicosulfuron aplicado em três estádios de desenvolvimento. Os estudos, um com cada híbrido, foram delineados em esquema de blocos completos casualizados em combinações fatoriais com quatro repetições. Os fatores incluídos foram cinco dosagens de nicosulfuron (0, 17,5; 35; 70 e 140 g ha⁻¹) e três estádios de desenvolvimento (V3, V5 e V7). A resposta dos híbridos ao nicosulfuron foi verificada por meio de avaliações visuais de fitointoxicação e efeitos sobre a altura das plantas aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT), componentes de produção (plantas m⁻², espigas m⁻², comprimento de espigas, massa de 100 grãos e número de grãos por espiga) e produtividade. De forma geral, os tratamentos realizados no estádio V3 evidenciaram maior nível de tolerância em ambos os híbridos. Assim, baseando-se nos dados de produtividade, o nicosulfuron pode ser usado com segurança para o híbrido A 448 White nos estádios V3 e V5 e para o híbrido N III Yellow no estádio V3, mesmo nas dosagens mais altas.

Palavras-chave: *Glycine max*, *Zea mays*, inibidores da EPSPs, inibidores da ALS, seletividade

INFLUENCE OF GLYPHOSATE ON GR CULTIVARS AND OF THE NICOSULFURON HERBICIDE APPLIED ON POPCORN HYBRIDS AT THREE GROWTH STAGES. Botucatu, 2010 67p. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SIDNEI DOUGLAS CAVALIERI

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

SUMMARY

The study of selectivity and secondary effects of herbicides on crops is extremely important to the success of agriculture. In this study, three experiments were conducted. The first one, carried out in a greenhouse located at the College of Agronomic Sciences, UNESP, Botucatu (SP), aimed to evaluate the effect of commercial formulations of glyphosate on nutritional status and dry matter accumulations in two glyphosate-resistant soybeans cultivars (GR). The treatments were arranged in a factorial arrangement involving six commercial formulations of glyphosate Roundup Original[®], Roundup Ready[®], Roundup Transorb[®], Roundup WG[®], Roundup Ultra[®] and Zapp Qi[®] plus a control treatment, and two soybean cultivars (CD 225 RR and V Max RR), arranged in a randomized complete block design replicated six times. The herbicide applications occurred when the soybean plants were at V3 growth stage (25 days after emergence) using a dose of 960 g a.e. ha⁻¹. After 15 days after application, the shoot of soybeans was harvested and dried in an oven. Once dried, we obtained data of dry matter of stems, leaves and shoots (stems + leaves), and then the plants were crushed and sent to the laboratory for analysis of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) and micronutrients (Cu, Fe, Mn, Zn and B). After that, ownership of the results of nutritional analysis, we calculated the accumulation of nutrients in the shoots in each plant of the pots. In general, the accumulation of macronutrients, micronutrients and dry matter in the shoot of soybean plants was always greater in V Max RR cultivar than CD 225 RR cultivar. The formulations Roundup Ready[®], Roundup Ultra[®] and Zapp QI[®] showed no problems in regard to the accumulation of nutrients in shoots of cultivars. Furthermore, the Roundup Original[®], Roundup Transorb[®] and Roundup WG[®] formulations caused the greatest damage to the nutrition provided the cultivars and dry matter accumulation. However, we can say that the

choice of glyphosate herbicide formulation for weed control in GR soybeans should be done with discretion and the response on the accumulation of nutrients and dry matter in the shoot of soybean plants is dependent on the cultivar. The second and third experiment, conducted on the field at the Haskell Agricultural Laboratory, Concord, NE, USA, were conducted in order to evaluate the tolerance of two popcorn hybrids (A 448 White and N III Yellow) to nicosulfuron applied at three growth stages. The studies, each one with a hybrid, were outlined in a randomized complete block scheme in factorial combinations with four replications. The factors included were five doses of nicosulfuron (0, 17.5, 35, 70 and 140 g ha⁻¹) and three growth stages (V3, V5 and V7). The response of the hybrids to nicosulfuron was evaluated in terms of visual injury ratings and effects on plant height at 7, 14 and 28 DAT, yield components (plants m⁻², cob m⁻², cob length, 100 grains weight and kernels/cob), and final yield. In general, treatments performed at V3 growth stage showed a greater tolerance level in both hybrids. Therefore, based on yield data, nicosulfuron can be used safely at V3 and V5 growth stages for the hybrid A 448 White and at V3 growth stage for the hybrid N III Yellow, even in higher doses.

Keywords: *Glycine max*, *Zea mays*, EPSPs inhibitors, ALS inhibitors, selectivity

1 INTRODUÇÃO

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, podendo ser conceituada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida (OLIVEIRA JR., 2001). Conforme Velini et al. (1992), a seletividade é a capacidade de um determinado herbicida de eliminar plantas daninhas que se encontram no mesmo ambiente da cultura sem causar danos fitotóxicos capazes de reduzir a produtividade e/ou prejudicar a qualidade do produto obtido. Desta forma, uma vez que o nível de tolerância das culturas a um tratamento químico específico determina a seletividade, quanto maior a diferença de tolerância entre cultura e planta daninha, maior será a segurança no uso da tecnologia dos herbicidas.

Herbicidas são compostos químicos desenvolvidos para bloquear ou alterar de forma parcial, rotas metabólicas específicas e vitais às plantas, promovendo grandes alterações no seu crescimento e desenvolvimento. Em sistemas agrícolas, os herbicidas podem interagir tanto com plantas daninhas quanto com plantas cultivadas e essa interação pode ser por meio de sub-dosagens, dosagens normais e dosagens acima da tolerável.

As dosagens normais, que interagem com as plantas, são aquelas recomendadas pelo fabricante e que não causam efeitos fitotóxicos a uma determinada cultura. Apesar de não causarem efeitos visuais de intoxicação essas dosagens podem causar reduções em produtividade ou injúrias latentes.

Portanto, a seletividade de um determinado herbicida a uma cultura não deve ser vista como algo completamente estável, pois depende da dosagem, da tecnologia de aplicação e das condições ambientais que podem afetar a disponibilidade e ação do herbicida, além de alterar a expressão de genes e atividade enzimática nas plantas. A reação diferencial de cultivares também pode ocorrer, conforme relatado por Damião Filho et al. (1996), Cavalieri et al. (2008a) e Cavalieri et al. (2008b).

O glyphosate (N-phosphonomethyl-glycine) é o único composto disponível comercialmente que atua na enzima EPSPs (5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase). Esta enzima é codificada no núcleo e desempenha sua função no cloroplasto (STAUFFER et al., 2001), catalisando a ligação dos compostos chiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato, produzindo o enolpiruvilchiquimato-3-fosfato e fosfato inorgânico (PETERSON et al., 1996). Além disso, a EPSPs faz parte da rota do ácido chiquímico que tem como produtos os aminoácidos aromáticos fenilalanina, triptofano e tirosina. Trata-se de um herbicida sistêmico, não seletivo e de amplo espectro, com translocação predominante via simplasto e absorção facilitada por proteínas transportadoras de grupos fosfato, que estão presentes na membrana plasmática, tendo como principal sítio de ação a enzima EPSPs (DENIS e DELROT, 1993; MORIN et al., 1997).

A rota do ácido chiquímico e seus produtos participam da produção de vários compostos (ou classes deles) envolvidos na regulação do crescimento e/ou na defesa de plantas, destacando-se: taninos hidrolisáveis, taninos condensados, antocianinas, vitamina E, ácido indol acético (AIA), ácido salicílico, lignina, flavonas, isoflavonas, fenilpropanoides e cumarinas. Desse modo, a interferência nesta rota pode apresentar consequências importantes ao crescimento, desenvolvimento, qualidade industrial (quantidade de lignina) ou tolerância da planta aos estresses bióticos e abióticos.

A enzima acetolactato sintase (ALS), sítio de ação de sulfoniluréias, imidazolinonas e outros grupos de herbicidas, atua na rota de síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina em microrganismos e plantas (HESS, 1994). Esta enzima cataliza duas reações iniciais paralelas: condensação de dois moles de piruvato para formar acetolactato (produto final valina e leucina) e condensação de um mol de piruvato com um mol de 2-alfa-ceto-butirato para formar acetohidroxibutirato (produto final isoleucina).

A ALS caracteriza-se pela grande variabilidade, sendo possível o desenvolvimento de herbicidas com capacidade de diferenciar e selecionar entre as plantas com elevado grau de similaridade como por exemplo, o controle de plantas daninhas dicotiledôneas em culturas dicotiledôneas ou de espécies de plantas daninhas monocotiledôneas em culturas monocotiledôneas.

Desta forma, diante da intoxicação apresentada por plantas de soja resistente ao glyphosate (RR) após a aplicação do mesmo e da existência de poucos relatos sobre os efeitos da aplicação de nicosulfuron (inibidor da ALS) na cultura do milho-pipoca em detrimento dos demais tipos de milho, objetivou-se com este trabalho avaliar: (1) o efeito de formulações de glyphosate sobre o acúmulo de nutrientes e matéria seca pela parte aérea de duas cultivares de soja RR e; (2) a seletividade de dosagens de nicosulfuron aplicadas em diferentes estádios de desenvolvimento de dois híbridos comerciais de milho-pipoca.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Experimento com soja RR resistente ao herbicida glyphosate

O domínio da tecnologia de produção de soja (*Glycine max*) em regiões tropicais foi conquistado essencialmente no Brasil, onde também se encontra o maior potencial mundial para produção dessa oleaginosa, quando se consideram diversos fatores, como condições edafoclimáticas e a disponibilidade de terras para cultivo. É uma das culturas agrícolas mais importantes do país, com área cultivada de 23,36 milhões de hectares e produção de 68,71 milhões de toneladas na última safra agrícola (2009/2010), com produtividade média de 2.941 kg ha⁻¹ (CONAB, 2010).

A introdução de cultivares transgênicas RR, resistentes ao herbicida glyphosate, permitiu a ampliação de áreas semeadas com a cultura, tornando mais fácil o controle da maioria das espécies infestantes. Estima-se que a soja RR ocupe aproximadamente 60% da área total cultivada com soja no Brasil. Nessa modalidade de cultivo, o glyphosate é aplicado em pós-emergência da cultura, absorvido e translocado nas plantas sem afetar seu crescimento, promovendo eficiente controle das plantas daninhas nos estádios em que a competição seria extremamente negativa para a cultura.

O glyphosate (Figura 1) é um herbicida não-seletivo, de amplo espectro, aplicado em pós-emergência, que controla a maioria das espécies infestantes. Esse herbicida inibe a síntese de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano) em

plantas e microrganismos que possuem o ciclo do ácido chiquímico (FISHER et al., 1986) atuando na enzima precursora EPSPs (5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase), evitando a transformação do chiquimato em corismato (SHANER e BRIDGES, 2003). No caso da soja resistente ao glyphosate, a tolerância ao herbicida foi obtida pela inserção de um gene (AroA) oriundo do genoma da *Agrobacterium* sp., estirpe CP4, o qual codifica uma variante da EPSPs (CP4 EPSPS), especialmente tolerante à inibição pelo glyphosate (PADGETTE et al., 1995). Sob tratamento com esse herbicida, as plantas de soja não são afetadas, em virtude da ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto.

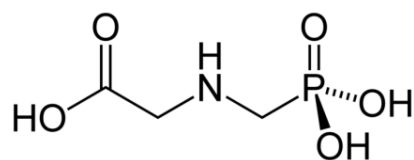


Figura 1. Molécula estrutural do glyphosate.

No entanto, existem relatos de agricultores sobre possíveis efeitos do glyphosate afetando negativamente o desenvolvimento inicial de plantas de soja, para a qual esse produto é recomendado. O típico sintoma observado em lavouras de soja RR após a aplicação do glyphosate é o amarelecimento das folhas novas, onde algumas cultivares apresentam sintomas mais evidentes do que outras.

Esse efeito pode estar relacionado ao aumento demasiado da dosagem aplicada; à aplicação de diferentes formulações de glyphosate que incluem: maior intoxicação a organismos não-alvo (SANTOS et al., 2005, 2006), maior velocidade de absorção e translocação (MOLIN e HIRASE, 2005) e desbalanço nutricional das plantas (DUKE et al., 1983; ZOBIOLE et al., 2009); à sensibilidade diferencial das cultivares ao herbicida (OLIVEIRA JR et al., 2008); e/ou ao efeito de outras substâncias, como adjuvantes. Entretanto, Reddy et al. (2004) atribui tais sintomas ao acúmulo do ácido aminometilfosfônico (AMPA) nos tecidos vegetais.

Existem relatos que o glyphosate aumenta a população de microrganismos oxidantes e decresce a de microrganismos redutores de manganês (Mn) no solo, diminuindo a disponibilidade desse micronutriente às plantas (JOHAL e HUBER, 2009).

Da mesma forma, sub-dosagens de glyphosate reduzem a translocação de Mn e outros micronutrientes essenciais nas plantas (EKER et al., 2006; OZTURK et al., 2008). Estudos prévios demonstraram que a soja RR responde positivamente a aplicação foliar de Mn, mesmo quando a cultivar parental não transgênica não necessita de Mn adicional (GORDON, 2007). Diante disso, tem-se recomendado a aplicação de Mn antes e após a aplicação do herbicida, com a finalidade de atenuar os sintomas de amarelecimento provenientes da aplicação do glyphosate.

Inicialmente, o glyphosate foi patenteado como quelador de metais, sendo este considerado o seu primeiro modo de ação (JAWORSKI, 1972; BROMILOW et al., 1993). Complexos organofosforados, tais como os ácidos aminofosfônicos presentes no glyphosate, são altamente efetivos em formar íons metálicos em meio aquoso (KABACHNIK et al., 1974). Considerando que o glyphosate é um ácido fosfônico (FRANZ et al., 1997) e um forte quelador de cátions metálicos (KABACHNIK et al., 1974; COUTINHO e MAZO, 2005), esta propriedade deve ser considerada diante do decréscimo de Mn e talvez de outros nutrientes, nos tecidos vegetais da soja RR aplicados com glyphosate.

Ainda com relação ao uso do glyphosate em culturas resistentes a esse herbicida, incluindo a soja, verificou-se alta incidência de doenças nas plantas, as quais foram influenciadas pela redução do status nutricional da planta e pelo efeito do mesmo em muitos microrganismos benéficos do solo (KREMER et al., 2005; JOHAL e HUBER, 2009). Relatos evidenciam sobre uma maior ocorrência de *Sclerotinia sclerotiorum* (LEE et al., 2000) e *Fusarium solani* f. sp. *glycines* (SANOGO et al., 2000) em cultivares de soja RR assim que introduzidas nos EUA em comparação às cultivares convencionais (RIZZARDI et al., 2003). Kremer et al. (2005) também observaram aumento da susceptibilidade de plantas tratadas com glyphosate ao ataque de patógenos de solo (*Fusarium* spp.) que provavelmente se deve a redução da produção de fitoalexinas e ao aumento da exsudação radicular de aminoácidos na rizosfera.

Em soja, a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂) é realizada pela simbiose com bactérias da espécie *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii* ou ambas (HUNGRIA et al., 1999). Os nódulos radiculares, centros de fixação, assimilação e exportação do nitrogênio fixado, são formados após as bactérias entrarem em contato e penetrarem nas raízes da planta hospedeira, via células radiculares pilosas ou outras células

epidérmicas. Após a penetração, formam-se os fios ou cordões de infecção que atingem o córtex da raiz, subdividem-se e se associam a pequenos grupos de células que darão origem aos nódulos (TAIZ e ZEIGER, 1998).

Estudos indicam que o desenvolvimento da nodulação em campo ocorre logo na primeira semana após a emergência, através do aparecimento de quatro a oito primeiros nódulos na coroa da raiz. Na segunda semana, a fixação biológica do N_2 já está ocorrendo (HUNGRIA et al., 1999) e continuará durante todo o ciclo da planta, atingindo seu ponto máximo no estágio de floração plena e declinando a partir do enchimento das sementes.

A introdução do gene de resistência ao glyphosate trouxe consequências negativas aos microrganismos simbióticos associados com a soja RR devido a sua translocação para os nódulos radiculares (REDDY e ZABLOTOWICZ, 2003) e exsudação de consideráveis quantidades do herbicida para a rizosfera das plantas (DUKE, 1996; KREMER et al., 2005). As bactérias fixadoras de N_2 da soja possuem a forma sensível da enzima EPSPs e acumulam os ácidos chiquímico, hidroxibenzóico e protocatecuico quando expostas ao glyphosate, os quais em altas concentrações inibem o crescimento e induz os nódulos radiculares a morte (MOORMAN et al., 1992; DE MARIA et al., 2006). O efeito tóxico do glyphosate às bactérias também é atribuído a incapacidade dos organismos em sintetizar aminoácidos aromáticos.

Adicionalmente, sabe-se que o níquel (Ni) está diretamente relacionado com a fixação biológica de N_2 , aumentando a atividade da hidrogenase em bacteróides isolados de nódulos radiculares de soja (KLUCAS et al., 1983). Os simbiossitos necessitam de Ni para a captação de N_2 pela hidrogenase, a qual processa o gás hidrogênio (H_2) liberado durante a fixação biológica (EVANS e SORGER, 1966; TAIZ e ZEIGER, 1998). Essas hidrogenases desempenham um papel específico na manutenção da eficiência energética da fixação simbiótica de N_2 e são dependentes do fornecimento de Ni (MAIER e TRIPLETT, 1996). Como o glyphosate é um ácido fosfônico (FRANZ et al., 1997), quelante de cátions metálicos (JAWORSKI, 1972; KABACHNIK et al., 1974; BROMILOW et al., 1993; COUTINHO e MAZO, 2005), o mesmo pode afetar a disponibilidade de Ni e, conseqüentemente, explicar o seu efeito direto sobre a fixação simbiótica de N_2 pelas bactérias.

Levando em consideração que atualmente estão disponíveis no mercado diversas formulações de glyphosate, todas com o mesmo mecanismo de ação, independentemente dos sais utilizados (destacando-se os sais isopropilamina, amônio e potássico - este presente exclusivamente na formulação Zapp Qi[®]) (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005), a soja RR pode sofrer injúrias em decorrência da aplicação dessas formulações, devido à presença de adjuvantes ou do tipo de sal presente nas mesmas (PLINE et al., 1999; REDDY e ZABLOTOWICZ, 2003). Os adjuvantes, para promoverem maior intoxicação visual, são requeridos em concentrações maiores que as necessárias para reduzirem a tensão superficial, indicando que o modo de ação não está só limitado à sua ação como espalhante das gotas, mas também no aumento da permeabilidade da cutícula ou da membrana celular, ou de ambas (SHERRICK et al., 1986).

Stock e Holloway (1993) afirmaram que os adjuvantes, além de melhorarem a deposição e retenção do herbicida, podem penetrar na cutícula, às vezes rapidamente, para atingir outros locais de ação, como a membrana celular, aumentando sua permeabilidade em baixas concentrações ou danificando-a em maiores concentrações. Riechers et al. (1994) observaram que a eficácia dos adjuvantes em incrementar a absorção do glyphosate é dependente da habilidade em se difundir através da cutícula para chegar ao apoplasto e atuar diretamente na membrana celular com proteínas ou lipídeos, aumentando sua permeabilidade.

Para a soja RR, está registrada a formulação Roundup Ready[®], a qual contém o sal de isopropilamina (usado no desenvolvimento da tecnologia), também presente nas formulações Roundup Transorb[®] e Roundup Original[®] (RODRIGUES E ALMEIDA, 2005). Nos Estados Unidos, em 1999, o sal de trimetilsulfônio também obteve registro para uso em soja RR. No entanto, em 2001, este foi retirado do mercado e substituído pelo sal de diamônio de glyphosate, também registrado para aplicação em soja RR (REDDY e ZABLATOWING, 2003).

No Brasil, até o momento, a formulação Roundup Ready[®] é a única à base de glyphosate registrada para aplicação em soja RR. Entretanto, mesmo não possuindo registro, todas as outras formulações à base de glyphosate estão sendo utilizadas nas diferentes regiões produtoras, não ficando restrita apenas à Roundup Ready[®]. Assim, o estudo dos efeitos

de tais formulações não registradas para aplicação em soja RR torna-se de grande importância para o sucesso da sojicultura brasileira.

2.2 Experimento com milho-pipoca e o herbicida nicosulfuron

Pertencente à mesma espécie botânica do milho comum (*Zea mays*), o milho-pipoca é considerado tipo duro, de grãos pequenos e pericarpo mais espesso entre os tipos de milho, diferenciando-se pela capacidade de seus grãos estourarem quando aquecidos, transformando-se em pipoca (ZIEGLER e ASHMAN, 1994). Devido à maior importância dada aos caracteres de qualidade em programas de melhoramento genético da cultura, em detrimento dos caracteres agrônômicos, as plantas de milho-pipoca apresentam-se menores, com menor número de folhas e com limbo foliar estreito, além de serem menos vigorosas e com crescimento inicial lento, quando comparadas às plantas de híbridos de milho comum (ZIEGLER e ASHMAN, 1994). Conseqüentemente, o milho-pipoca manifesta menor capacidade competitiva quando cultivado sob interferência de plantas daninhas, comparado aos híbridos de milho comum. Dentre os herbicidas recomendados para milho comum, que são também aplicados em milho-pipoca, destaca-se o nicosulfuron.

O herbicida nicosulfuron (Figura 2), pertencente ao grupo químico das sulfoniluréias, foi introduzido no mercado dos EUA em 1990. Atualmente, é recomendado para controle em pós-emergência de monocotiledôneas e dicotiledôneas em vários tipos de milho. Este herbicida inibe a acetolactato sintase (ALS), primeira enzima de biossíntese dos aminoácidos leucina, valina e isoleucina (BABCZINSKI e ZELINSKI, 1991; RAY, 1984). Esta enzima pode também catalisar a formação de acetohidroxibutirato proveniente de piruvato e alfa-ceto-butirato ou sintetizar acetolactato de duas moléculas de piruvato (UMBARGER, 1969).

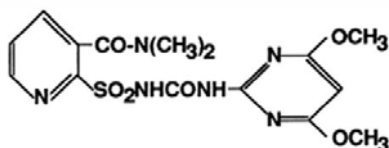


Figura 2. Molécula estrutural do nicosulfuron.

A base primária para a seletividade dos herbicidas do grupo das sulfoniluréias esta nas diferentes taxas de metabolização dos mesmos pelas plantas cultivadas (OBRIGAWITCH et al., 1990; CAREY et al., 1997). A seletividade de sulfoniluréias em plantas está em função do metabolismo em dois processos de hidroxilação do anel pirimidina, seguida pela glicosilação no sítio de hidroxilação (SWEESTER et al., 1982; BROWN, 1990). Plantas que rapidamente metabolizam sulfoniluréias são tolerantes a estes herbicidas, enquanto plantas que metabolizam lentamente ou não metabolizam estes herbicidas são sensíveis (SWEESTER et al., 1982; BROWN, 1990). O principal mecanismo das plantas na metabolização de sulfoniluréias parece ser a hidroxilação (HARMS et al., 1990). Enquanto a hidroxilação frequentemente resulta na detoxificação do herbicida, em alguns casos, reações de glicosilação também são requeridas para completar a detoxificação (BROW et al., 1991). Em milho, o nicosulfuron é hidroxilado pela enzima citocromo P-450 (MORELAND et al., 1993). O nicosulfuron foi rapidamente metabolizado com 20 horas em milho (tolerante), enquanto plantas de *Sorghum halepense* não metabolizaram o herbicida, mesmo após 24 horas (OBRIGAWITCH et al., 1990).

O milho, assim como outras espécies tolerantes, detoxifica rapidamente os herbicidas sulfoniluréias para metabólitos inativos (NEIGHBORS e PRIVALLE, 1990; FREAR et al., 1991; MOUGIN et al., 1991; KREUZ e FONNE-PFISTER, 1992). O metabolismo de herbicidas sulfoniluréias em certas espécies anuais e bianuais é mais lento e acarretam em fitointoxicação das plantas.

Para sua adoção, os herbicidas sulfoniluréias requerem a observação de alguns fatores, tais como o híbrido utilizado, o estágio fenológico da cultura no momento da aplicação e o intervalo entre a aplicação do herbicida e inseticidas organofosforados e/ou da adubação nitrogenada de cobertura, que, quando negligenciados, podem interferir em sua seletividade e causar fitointoxicação à cultura (LÓPEZ OVEJERO et al., 2003).

A tolerância diferencial de cultivares aos herbicidas nas mais diversas culturas está bem documentada. Para a cultura do milho comum, alguns estudos com híbridos e variedades demonstraram que a tolerância diferencial é bastante variável a vários herbicidas sulfoniluréias, incluindo thifensulfuron (EBERLEIN et al., 1989; GREEN e ULRICH 1993), nicosulfuron (GREEN e ULRICH, 1993; WIDSTROM e DOWLER, 1995; CAVALIERI et

al., 2008a), primisulfuron (GREEN e ULRICH 1993), rimsulfuron (GREEN e ULRICH, 1994) e a mistura formulada de nicosulfuron + rimsulfuron (DOOHAN et al., 1998).

Híbridos considerados tolerantes aos herbicidas sulfoniluréias podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e dosagem utilizada (MORTON e HARVEY, 1992; GUBBIGA et al., 1995), sendo que na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento (MCMULLAN e BLACKSHAW, 1995; SPADER e VIDAL, 2001).

Spader e Vidal (2001), aplicando nicosulfuron nas dosagens de 60 e 80 g ha⁻¹ em três estádios de desenvolvimento do milho: três, seis e nove folhas totalmente expandidas, observaram que o herbicida causou a redução do número de grãos por espiga quando aplicado no estágio de nove folhas expandidas em relação aos estádios de três e seis folhas expandidas, reduzindo também a massa de grãos, quando aspergido nos estádios de seis e nove folhas expandidas, em relação ao estágio de três folhas expandidas. Em relação à produtividade, estes mesmos autores verificaram também que, na dosagem de 60 g ha⁻¹, o nicosulfuron reduziu a produtividade de grãos de milho quando aplicado no estágio de nove folhas expandidas em relação aos demais estádios. Já na dosagem de 80 g ha⁻¹, a produtividade de grãos foi afetada nos estádios de seis e nove folhas expandidas, quando comparado à aplicação no estágio de três folhas expandidas. Desta forma, a produtividade de grãos foi dependente da dosagem utilizada no estágio de seis e nove folhas expandidas, mas não foi afetada pelo herbicida quando aspergido em plantas no estágio de três folhas expandidas.

Segundo hipótese elaborada por Spader e Vidal (2001), plantas em estádios mais avançados de desenvolvimento possuem a habilidade de interceptar e absorver maior quantidade do herbicida do que aquelas pulverizadas em estádios mais precoces, devido à maior área foliar. Possivelmente, a intensa atividade fotossintética das plantas com maior área foliar contribui para a elevada translocação do herbicida das folhas aos meristemas. O nicosulfuron é translocado no interior dos vegetais pelo floema, juntamente com carboidratos formados na fotossíntese, principalmente a sacarose. Plantas mais desenvolvidas apresentam maior área foliar fotossinteticamente ativa e produzem maior quantidade de fotoassimilados. Conseqüentemente, o transporte desses produtos das folhas até as regiões de demanda da planta é mais intenso. Assim, o herbicida absorvido é translocado com maior intensidade nas plantas mais desenvolvidas, atingindo os locais de ação antes de ser metabolizado pelas

plantas de milho, causando injúria nas espigas durante a diferenciação floral (SPADER e VIDAL, 2001). Tal hipótese é subsidiada pelas observações de Gallaher (1999) que verificou que o movimento do nicosulfuron para regiões meristemáticas contribuiu para maior atividade do herbicida, uma vez que a ALS é mais ativa nos tecidos em desenvolvimento.

Damião Filho et al. (1996) ao comparar aspectos biológicos e produtivos de nove híbridos de milho (BR 106, 205, 201, 206, 92HDIQPM, HT 2X, CMS 473, AG 106 e XL604), após aplicação da dosagem de 80 g ha⁻¹ de nicosulfuron no estágio de quatro a seis folhas expandidas, verificaram que a produtividade estimada dos híbridos não foi afetada pela aplicação do produto. Por outro lado, Kawazaki (2001) não observou redução na produtividade para o híbrido de milho-pipoca IAC 112 quando submetido à aplicação pós-tardia de nicosulfuron na dosagem de 24 g ha⁻¹, em mistura com atrazine. De forma análoga, Pereira Filho et al. (2000), em trabalho avaliando dosagens de 50, 60 e 70 g ha⁻¹ de nicosulfuron aplicadas nos estádios de quatro a seis folhas, concluíram que o herbicida pode ser aplicado para controle de plantas daninhas nos híbridos de milho BRS 3060, 3101, 2114 e 2110, sem causar danos significativos ao desenvolvimento e à produção da cultura.

Cultivares de milho-doce também variam em resposta ao nicosulfuron (MONKS et al., 1992; MORTON et al., 1991; STALL e BEWICK, 1990). Em estudos preliminares de casa-de-vegetação, Monks e Johnson (1989) testaram a resposta de 12 cultivares de milho-doce ao nicosulfuron e primisulfuron e concluíram que milho-doce foi mais tolerante ao nicosulfuron que ao primisulfuron. Dos 12 cultivares testados, 'Merit' foi o menos tolerante e 'Even Sweeter' o mais tolerante. Stall e Bewick (1990) relataram que a produtividade de milho-doce varia muito entre cultivares em decorrência das injúrias provocadas pela aplicação de nicosulfuron. Tais injúrias em milho-doce são caracterizadas por clorose foliar leve, aumento das bases das folhas, redução da altura das plantas e perdas de produtividade (MORTON e HARVEY, 1988; MORTON et al., 1991). Desta forma, o uso de nicosulfuron em milho-doce deve ser limitado a cultivares tolerantes.

Sullivan e Bouw (1997) verificaram que plantas de milho-doce tratadas com nicosulfuron (50 g ha⁻¹) nos estádios de cinco e sete folhas expandidas, apresentaram diversos sintomas de injúria, enquanto aquelas tratadas com 25 g ha⁻¹, nos mesmos estádios, foram pouco afetadas. Por outro lado, em estudos realizados por Monks et al. (1992) com

nicosulfuron, na dosagem de 35 g ha^{-1} , em oito cultivares de milho-doce (altura de 20-25 cm), verificou-se a morte da cultivar Merit quatro semanas após a aplicação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento com soja RR resistente ao herbicida glyphosate

O experimento foi conduzido em maio de 2009, em casa-de-vegetação do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) (lat 42.37°N, long 96.68°W), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu (SP).

As unidades experimentais foram constituídas por vasos de 7 L de capacidade volumétrica, sendo usado como substrato um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), retirado da unidade “Patrulha” da Fazenda Experimental Lageado, previamente corrigido e adubado após peneiramento (10 mesh), conforme análise química.

De acordo com as análises granulométrica e químicas, o solo usado no experimento apresentava textura média, com 20% de argila, 4% de silte e 76% de areia; pH $\text{CaCl}_2 = 4,2$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ iguais a 72,0; 3,0; 1,0 e 0,5 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; B, Cu, Fe, Mn e Zn iguais a 0,35; 0,6; 62,0; 0,5 e 0,2 mg dm^{-3} , respectivamente; P = 2,0 mg dm^{-3} e M.O. = 26 g dm^{-3} .

Os tratamentos obedeceram a um arranjo fatorial 7x2 entre sete formulações comerciais do herbicida glyphosate (Roundup Original[®], Roundup Ready[®], Roundup Transorb[®], Roundup WG[®], Roundup Ultra[®] e Zapp Qi[®]) mais uma testemunha e

duas cultivares de soja RR (CD 225 RR e V Max RR). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com seis repetições.

Antes da semeadura das cultivares de soja, as sementes foram inoculadas com uma formulação comercial líquida, na concentração de 3×10^9 rizóbios por grama. Quando as plantas atingiram o estágio V1, foi feito desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso. Durante a condução do ensaio, o solo dos vasos foi mantido com umidade próxima à capacidade de campo.

As aplicações das formulações comerciais dos herbicidas ocorreram quando as plantas de soja apresentavam-se no estágio V3 (25 dias após a emergência). Para tanto, a dosagem de glyphosate usada foi de $960 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ em cada um dos tratamentos e utilizou-se de água deionizada para o preparo das caldas de pulverização.

As pulverizações com glyphosate foram realizadas com auxílio de um equipamento instalado em laboratório. A barra de pulverização era constituída por quatro pontas XR 11002 VS, espaçadas de 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura em relação à superfície dos alvos. Por ocasião da aplicação do herbicida, o sistema foi operado com velocidade de deslocamento de $3,6 \text{ km h}^{-1}$ e volume de aplicação correspondente a 200 L ha^{-1} . O equipamento foi operado com pressão constante de 200 kPa pressurizado por ar comprimido.

Após o término das aplicações, as caldas remanescentes foram levadas imediatamente para laboratório e analisadas quanto a concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn e B) com a finalidade de averiguar possíveis diferenças na concentração de nutrientes entre as mesmas, as quais poderiam estar relacionadas com o maior ou menor acúmulo destes pelas plantas de soja.

Transcorridos 15 dias após a aplicação dos tratamentos, a parte aérea das plantas de soja foi colhida, separada em folhas e hastes e secas em estufa de circulação forçada e renovação de ar por 72 horas a uma temperatura de $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Depois de secas, obtiveram-se os dados de massa de matéria seca de folhas e hastes, além da massa de matéria seca total, sendo posteriormente o material triturado e enviado para análise dos teores de macronutrientes e micronutrientes. Após a obtenção dos resultados, procederam-se os cálculos referentes ao acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas em cada unidade experimental,

para fins de comparação entre os tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste t ao nível de 5 % de probabilidade.

Como complemento do estudo de casa-de-vegetação, foram coletadas plantas de soja RR de uma das cultivares usadas (V Max RR) em condições de campo, em uma propriedade agrícola do município de Goioerê – PR, denominada Fazenda Fonte Azul. A área foi semeada no dia 6 de outubro de 2009 e a aplicação do glyphosate na formulação Roundup Ready®, na dosagem de 793 g e.a. ha⁻¹, efetuada no dia 6 de novembro de 2009, quando a cultura encontrava-se entre os estádios V7 e V8 (30 dias após a semeadura).

No momento em que as plantas encontravam-se no estágio R1 (15 dias após o tratamento do herbicida), amostras da parte aérea de dez plantas, tanto da lavoura aplicada quanto de uma faixa nesta lavoura não aplicada (testemunha) foram coletadas visando realizar a análise dos teores de macronutrientes e micronutrientes, assim como obter os dados de massa de matéria seca de parte aérea, a exemplo do trabalho de casa-de-vegetação, sendo as plantas de cada tratamento colocadas em sacos de papel separados e levadas para laboratório.

3.2 Experimento com milho-pipoca e o herbicida nicosulfuron

Dois experimentos de campo foram conduzidos no ano de 2009 na estação experimental do Haskell Agricultural Laboratory em Concord (lat 22.85°S, long 48.44°W), Nebraska, EUA, pertencente à University of Nebraska. Em cada experimento foi avaliado um híbrido de milho-pipoca (N III Yellow ou A 448 White), conduzido em delineamento de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 5x3, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por cinco dosagens do herbicida nicosulfuron (0, 17,5; 35; 70 e 140 g ha⁻¹) e três estádios de desenvolvimento da cultura (V3, V5 e V7).

Antes da instalação dos experimentos com os híbridos de milho-pipoca, as plantas daninhas presentes na área foram dessecadas com glyphosate, visando a semeadura na ausência de infestação. Como o interesse era estudar a seletividade dos tratamentos herbicidas para os híbridos de milho-pipoca em questão, as plantas daninhas que emergiram posteriormente foram eliminadas por meio de capinas manuais, independente do controle proporcionado pelo herbicida.

A semeadura dos experimentos foi realizada no dia 25 de maio, em sistema de semeadura direta. O espaçamento entre fileiras utilizado foi de 0,76 m com seis sementes de milho-pipoca por metro, a uma profundidade de 2 a 5 cm. Cada unidade experimental foi constituída por 4 linhas de 8 m de comprimento, perfazendo uma área de 24,32 m², sendo, porém, considerado como área útil para avaliações e colheita a metade dessa área. A emergência dos híbridos de milho-pipoca teve início sete dias após a semeadura.

As soluções dos herbicidas foram aplicadas com pulverizador costal pressurizado com CO₂ equipado com pontas TeeJet 11003, espaçadas de 50 cm e calibradas para aplicar 200 L ha⁻¹ na pressão de 124 kPa. Em cada uma das soluções herbicidas adicionou-se óleo mineral (1% v/v) e sulfato de amônio (2,037 kg/100 L H₂O).

As condições ambientais no momento das aplicações foram: estágio V3 (16 dias após a emergência - DAE) – nebulosidade de 15%, velocidade do vento inferior a 5 km h⁻¹, solo úmido, temperatura do ar de 24°C e umidade relativa de 45%; estágio V5 (24 DAE) - nebulosidade de 5%, velocidade do vento inferior a 5 km h⁻¹, solo úmido, temperatura do ar de 32°C e umidade relativa de 65% e estágio V7 (36 DAE) - nebulosidade de 30%, velocidade do vento inferior a 5 km h⁻¹, solo úmido, temperatura do ar de 29°C e umidade relativa de 51%.

Para cada experimento, as avaliações foram direcionadas de forma a estudar os efeitos relacionados à fitointoxicação, crescimento, componentes de produção e produtividade de grãos do milho-pipoca. Desta forma, avaliou-se visualmente a fitointoxicação das plantas de milho-pipoca (%) aos 7, 14 e 28 DAT, utilizando uma escala de 0–100%, em que zero representa ausência de injúrias e 100% a morte das plantas; a altura média relativa (%) das plantas em relação à testemunha sem aplicação aos 7, 14 e 28 DAT, medindo-se dez plantas em cada parcela, do nível do solo até a inserção da lígula da última folha expandida; número de plantas e de espigas por metro quadrado, comprimento médio de espigas (cm), número de grãos por espiga e a massa de 100 grãos (g), realizadas por ocasião da colheita e a produtividade de grãos (kg ha⁻¹), sendo os dois últimos parâmetros corrigidos para 14% de umidade. A colheita foi realizada em 9 de novembro, com as espigas sendo colhidas manualmente e debulhadas mecanicamente.

Em ambos os experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste t ao nível de 5 % de probabilidade. Para isso,

utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1999), tendo como objetivo estudar o efeito do nicosulfuron nas variáveis-respostas diante da aplicação nas plantas com diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento. Adicionalmente, equações de regressão foram ajustadas para cada variável resposta, por meio do programa gráfico estatístico SigmaPlot (SigmaPlot, 2008), com o intuito de buscar modelos que explicassem significativamente e agronomicamente, o comportamento dos dados diante do aumento das dosagens do herbicida.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento com soja RR resistente ao herbicida glyphosate

De forma geral, considerando as cultivares de soja RR avaliadas, verificou-se que o acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea das plantas sempre foi maior na cultivar V Max RR do que na CD 225 RR (Tabela 1 e 2), quando houve diferenças estatisticamente significativas entre as mesmas. Tal fato evidencia maior sensibilidade da cultivar CD 225 RR em relação a V Max RR quando submetidas às aplicações das formulações comerciais de glyphosate testadas. Entretanto, a superioridade da cultivar V Max RR em relação à CD 225 RR persistiu para acúmulo dos macronutrientes N e K e dos micronutrientes Cu e Fe mesmo no tratamento testemunha. Este fato sugere maior habilidade da cultivar V Max RR em absorver esses nutrientes do solo, característica essa que pode estar atribuída a efeitos fisiológicos e ambientais ou a própria cultivar.

Diante do exposto, para os macronutrientes (Tabela 1) e levando-se em conta o fator cultivares, o acúmulo de N diferiu em todos os tratamentos, exceto para a formulação Roundup Ready[®], a qual possivelmente apresentou-se mais seletiva para a cultivar CD 225 RR, uma vez que não foi afetado o acúmulo desse elemento pela mesma. Em relação ao P, tanto na testemunha sem herbicida quanto para os tratamentos, não observou-se diferença significativa para o acúmulo de nutrientes nos tecidos vegetais entre as cultivares. No que diz respeito ao K, não houve diferença significativa entre as cultivares somente para a

Tabela 1. Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) pela parte aérea de cultivares de soja aos 15 dias após o tratamento (DAT) com formulações do herbicida glyphosate (960 g e.a ha⁻¹).

Tratamento	Acúmulo de macronutrientes (mg/planta)											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	CD 225	V Max	CD 225	V Max	CD 225	V Max	CD 225	V Max	CD 225	V Max	CD 225	V Max
	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR
Testemunha	26,2 a*	36,2 ab	5,4 a	5,7 a	16,1 ab*	18,4 a	20,8 a	23,5 ab	9,6 a	9,2 a	2,7 ab	2,6 ab
Roundup Original®	19,2 b*	33,4 abc	3,7 b	4,7 a	11,6 b*	25,8 ab	14,4 bc*	21,5 b	6,9 bc*	9,3 a	1,9 b*	2,9 ab
Roundup Ready®	29,1 a	33,9 abc	5,7 a	5,8 a	18,4 a*	28,3 a	20,0 a	23,6 ab	9,8 a	9,9 a	3,1 a	3,4 a
RoundupTransorb®	20,4 b*	30,3 c	4,2 ab	5,7 a	11,5 b*	47,4 ab	13,5 c*	26,2 a	6,8 c*	10,1 a	2,2 b	2,6 ab
Roundup Ultra®	26,5 a*	36,7 a	5,3 a	4,9 a	18,8 a*	25,8 ab	19,2 a*	24,0 ab	9,5 a	9,0 a	2,8 a	3,0 ab
Roundup WG®	24,5 ab*	31,0 bc	5,7 a	5,1 a	16,5 ab	21,3 b	18,4 a*	23,1 ab	9,0 a	9,0 a	2,6 ab	2,4 b
Zapp Qi®	24,4 ab*	36,1 ab	4,8 ab	5,0 a	16,3 ab*	25,2 ab	18,0 ab*	26,0 a	8,4 ab	9,8 a	2,3 ab	3,0 ab
DMS	5,6		1,6		5,1		4,0		1,6		0,8	
CV (%)	16,76		27,40		21,38		16,60		15,52		25,45	

* Médias diferem significativamente entre si pelo teste F para a variável variedades (p≤0,05);

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

Tabela 2. Acúmulo de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn e B) pela parte aérea de cultivares de soja aos 15 dias após o tratamento (DAT) com formulações do herbicida glyphosate (960 g e.a ha⁻¹).

Formulações	Acúmulo de micronutrientes (mg/planta)											
	Cu		Fe		Mn		Zn		B			
	CD 225	V Max	CD 225	V Max	CD 225	V Max	CD 225	V Max	CD 225	V Max	CD 225	V Max
	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR
Testemunha	0,0033 cd*	0,0088 a	0,43 ab*	0,57 abc	0,11 ab	0,16 b	0,023 a	0,024 ab	0,09 ab	0,08 b		
Roundup Original®	0,0027 d*	0,0070 ab	0,32 ab*	0,53 bc	0,09 b*	0,17 ab	0,015 abc	0,021 b	0,07 c*	0,09 ab		
Roundup Ready®	0,0072 ab	0,0077 ab	0,45 a*	0,65 ab	0,14 ab	0,18 ab	0,022 ab	0,024 ab	0,10 a	0,10 a		
RoundupTransorb®	0,0052 bc	0,0062 b	0,30 b*	0,65 ab	0,10 b*	0,17 b	0,012 c	0,017 b	0,07 c*	0,08 ab		
Roundup Ultra®	0,0069 ab	0,0070 ab	0,33 ab*	0,66 ab	0,16 a	0,21 ab	0,019 abc	0,021 b	0,09 ab	0,10 ab		
Roundup WG®	0,0086 a*	0,0062 b	0,35 ab	0,48 c	0,14 ab	0,16 b	0,017 abc	0,015 b	0,08 bc	0,09 ab		
Zapp Qi®	0,0060 b	0,0075 ab	0,34 ab*	0,67 a	0,14 ab*	0,22 a	0,013 bc*	0,033 a	0,08 bc*	0,10 a		
DMS	0,0023		0,14		0,05		0,010		0,02			
CV (%)	31,17		24,69		29,79		41,44		17,66			

* Médias diferem significativamente entre si pelo teste F para a variável variedades (p≤0,05);

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

formulação Roundup WG[®]. Neste caso, tal fato pode ser explicado pelo efeito negativo proporcionado a cultivar V Max RR que apresentou menor acúmulo de K em relação à sua respectiva testemunha.

Todos os tratamentos com as formulações de glyphosate reduziram o acúmulo de Ca na cultivar CD 225 RR, exceto a formulação Roundup Ready[®], a qual se destacou novamente como sendo a mais seletiva. No que se refere ao Mg, as formulações Roundup Original[®] e Roundup Transorb[®] foram as que reduziram a nutrição desse nutriente na cultivar CD 225 RR em relação a V Max RR. Já para o S, apenas o Roundup Original[®] reduziu esse nutriente em relação a cultivar V Max RR.

Esses resultados indicam que existe variabilidade entre as cultivares quanto à aquisição de nutrientes do solo, podendo o acúmulo destes pela parte aérea das plantas ser influenciado em menor ou maior intensidade pela aplicação das diferentes formulações comerciais de glyphosate. Neste caso, vale à pena ressaltar que independente da aplicação das formulações, houve um maior acúmulo de N e K pela testemunha da cultivar V Max RR, evidenciando maior vigor desta em relação a cultivar CD 225 RR. Por outro lado, a CD 225 RR demonstrou-se mais sensível que a cultivar V Max RR quanto ao acúmulo de Ca, Mg e S.

Para o fator formulações de glyphosate, o acúmulo de N na cultivar CD 225 RR foi afetada negativamente quando foram aplicadas as formulações Roundup Transorb[®] e Roundup Original[®] em relação à testemunha sem aplicação. No entanto, para a cultivar V Max RR, o acúmulo de N foi afetado negativamente pelo Roundup Transorb[®]. Os herbicidas podem influenciar o metabolismo de N por meio de efeitos diretos nos rizóbios simbiotes (ZOBIOLE et al., 2007; SANTOS et. al., 2007a), reduzindo a nodulação nas plantas, ou indiretos na fisiologia do hospedeiro das mesmas (MOORMAN, 1989), incapacitando os organismos de sintetizar aminoácidos aromáticos, os quais possuem a forma sensível da enzima EPSPs.

Com relação ao acúmulo de P, para a cultivar CD 225 RR somente a formulação Roundup Original[®] reduziu o seu acúmulo, entretanto, não foram identificadas diferenças significativas entre os tratamentos para o acúmulo deste macronutriente na cultivar V Max RR. No que diz respeito ao K e S, na cultivar CD 225 RR o acúmulo desses nutrientes na testemunha foi semelhante ao encontrado nas plantas tratadas com as diferentes

formulações de glyphosate. No entanto, o acúmulo de K e S observado nas plantas tratadas com Roundup Ready® e Roundup Ultra® apresentou-se superior as formulações Roundup Transorb® e Roundup Original®, o que demonstra a segurança de utilização das primeiras em relação às últimas formulações. Para a cultivar V Max RR, a testemunha e o tratamento com Roundup Ready® foram significativamente superiores ao Roundup WG®, para o acúmulo de K. Para essa cultivar, o Roundup Ready® também apresentou acúmulo de S superior ao Roundup WG®.

Com relação ao Ca e Mg, na cultivar CD 225 RR os dados de acúmulo encontrados nos tratamentos testemunha, Roundup Ready®, Roundup Ultra® e Roundup WG® foram semelhantes entre si e superiores à aplicação de Roundup Original® e Roundup Transorb®. Para a cultivar V Max RR, o acúmulo de Mg não diferiu entre os tratamentos. Entretanto, para o acúmulo de Ca, a formulação Roundup Original® apresentou-se significativamente inferior às formulações Roundup Transorb® e Zapp Qi® e todos os tratamentos não diferiram da testemunha.

Quanto ao acúmulo de micronutrientes no fator cultivares (Tabela 2), a cultivar CD 225 RR apresentou acúmulo de Cu significativamente inferior ao da V Max RR para os tratamentos testemunha, Roundup Original® e Roundup WG®. Entretanto, para o Fe, com exceção ao Roundup WG®, todos os tratamentos promoveram redução do acúmulo na cultivar CD 225 RR em relação a V Max RR. Já para o Mn e B, a cultivar CD 225 RR somente apresentou menor acúmulo para as formulações Roundup Original®, Roundup Transorb® e Zapp Qi®. No entanto, para o Zn, apenas a formulação Zapp Qi® afetou negativamente a cultivar CD 225 RR em relação a V Max RR.

Para o fator formulações dos herbicidas, observou-se que o acúmulo de Cu na parte aérea da cultivar CD 225 RR tratada com Roundup Original® e a testemunha foram semelhantes entre si, mas inferior às demais formulações. Nota-se também que o acúmulo de Cu nessa cultivar aumentou com a aplicação dos herbicidas Roundup Ready®, Roundup Ultra®, Roundup WG® e Zapp Qi®. No entanto, para a cultivar V Max RR a testemunha foi significativamente superior aos tratamentos com Roundup Transorb® e Roundup WG® e igual aos demais tratamentos. No que diz respeito ao Fe, todos os tratamentos não diferenciaram significativamente de sua respectiva testemunha, em ambas as cultivares estudadas. Entretanto, na cultivar CD 225 RR, o Roundup Transorb® reduziu o

acúmulo de Fe em relação à formulação Roundup Ready[®]. Para a cultivar V Max RR, os tratamentos com Roundup Original[®] e Roundup WG[®] apresentaram menor acúmulo que o Zapp Qi[®], sendo a formulação Roundup WG[®], também inferior ao Roundup Transorb[®] e Roundup Ultra[®].

Para o acúmulo de Mn na cultivar CD 225 RR, nenhum tratamento diferiu significativamente da testemunha, porém, os tratamentos com Roundup Original[®] e Roundup Transorb[®] acumularam menos Mn que o tratamento com Roundup Ultra[®]. Para a cultivar V Max RR é interessante notar que o tratamento das plantas com o Zapp Qi[®] promoveu acréscimo no acúmulo de Mn, porém as outras formulações não exerceram efeito algum no acúmulo desse micronutriente.

Já para o Zn, o acúmulo foi afetado negativamente pelas formulações Roundup Transorb[®] e Zapp Qi[®] em relação à testemunha na cultivar CD 225 RR. Na cultivar V Max RR, todos os tratamentos com as formulações de glyphosate foram semelhantes à testemunha, no entanto, o acúmulo de Zn com a utilização da formulação Zapp Qi[®] foi superior às formulações Roundup Original[®], Roundup Transorb[®], Roundup Ultra[®] e Roundup WG[®].

Com relação ao acúmulo de B, constatou-se que os tratamentos testemunha, Roundup Ready[®] e Roundup Ultra[®] foram significativamente superiores aos tratamentos com Roundup Original[®] e Roundup Transorb[®] na cultivar CD 225 RR, no entanto, na cultivar V Max RR, as formulações Roundup Ready[®] e Zapp Qi[®] incrementaram o acúmulo de B em relação a testemunha.

Comparando os resultados de acúmulo de nutrientes nas cultivares de soja RR com os resultados da análise de nutrientes das caldas de pulverização (Tabelas 3 e 4), pode-se afirmar que não houve relação direta entre os mesmos, uma vez que a maior ou menor concentração de determinado elemento nas caldas de pulverização não necessariamente condicionou para a mesma tendência no acúmulo deste pelas plantas. Desta forma, a variação na nutrição das plantas de soja RR com a aplicação de diferentes formulações de glyphosate não se deve à presença dos diferentes nutrientes nas caldas de pulverização, e sim, a fatores distintos.

Tabela 3. Concentração de macronutrientes nas caldas de pulverização das distintas formulações de glyphosate usadas no experimento.

Formulações de Glyphosate	[] de macronutrientes na calda de pulverização (mg L ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Roundup Original [®]	288,75	851,85	0,04	4,64	0,38	0,24
Roundup Ready [®]	261,80	784,39	0,62	4,50	0,36	0,28
Roundup Transorb [®]	272,59	846,56	0,38	4,56	0,38	0,08
Roundup Ultra [®]	220,84	871,69	0,60	3,86	0,32	0,96
Roundup WG [®]	239,47	969,58	0,04	4,66	0,40	0,44
Zapp Qi [®]	2,94	715,61	642,0	4,96	0,38	0,28

Tabela 4. Concentração de micronutrientes nas caldas de pulverização das distintas formulações de glyphosate usadas no experimento.

Formulações de glyphosate	[] de micronutrientes na calda de pulverização (mg L ⁻¹)				
	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Roundup Original [®]	0,17	0,29	0,15	0,01	1,03
Roundup Ready [®]	0,17	0,28	<0,01	<0,01	0,74
Roundup Transorb [®]	0,15	0,28	<0,01	0,02	0,94
Roundup Ultra [®]	0,16	0,28	0,05	0,19	0,35
Roundup WG [®]	0,31	0,29	0,34	0,04	0,52
Zapp Qi [®]	0,40	0,29	0,09	0,01	0,55

Um dos fatores que podem explicar o efeito da redução do acúmulo de nutrientes pelas plantas de soja RR, pode estar relacionado, em parte, ao fato do glyphosate ser um forte quelador de cátions metálicos (KABACHNIK et al., 1974; COUTINHO e MAZO, 2005), podendo assim, se complexar com os mesmos nas plantas prejudicando a nutrição.

Em resumo, para todos os nutrientes avaliados, as formulações Roundup Ready[®], Roundup Ultra[®] e Zapp QI[®], foram as mais seletivas para aplicação nas cultivares CD 225 RR e V Max RR, por não provocarem qualquer comprometimento à nutrição das plantas quando comparadas aos respectivos tratamentos testemunha sem aplicação. No entanto, Santos et al. (2007a) cita que a formulação Roundup Ready[®], não deve ser aplicada na soja RR em dosagens elevadas, devido ao risco de alterar o teor de alguns nutrientes nas folhas da cultura, entre eles N, Ca, Mg, Fe e Cu. Por outro lado, as formulações Roundup Original[®] e Roundup Transorb[®] foram as que mais prejudicaram o acúmulo de nutrientes pelas plantas da cultivar CD 225 RR, ao passo que, a formulação Roundup WG[®] se

destacou como a menos indicada para aplicação na cultivar V Max RR, em decorrência do efeito negativo provocado no acúmulo dos nutrientes.

Com relação ao acúmulo de matéria seca pelas hastes, folhas e parte aérea (hastes + folhas) das cultivares de soja RR (Tabela 5), foi constatado o mesmo efeito para o acúmulo de macronutrientes e micronutrientes, sendo a cultivar V Max RR sempre superior a CD 225 RR quando a diferença entre as mesmas foi significativa. Dentro desse contexto, apenas para o acúmulo de matéria seca pelas folhas no tratamento com Roundup Ready® não apresentou diferença significativa.

Tabela 5. Acúmulo de matéria seca de hastes, folhas e parte aérea (hastes + folhas) de cultivares de soja aos 15 dias após o tratamento (DAT) com formulações do herbicida glyphosate (960 g e.a ha⁻¹).

Tratamento	Acúmulo de matéria seca (g/planta)					
	Hastes		Folhas		Hastes + Folhas (Total)	
	CD 225 RR	V Max RR	CD 225 RR	V Max RR	CD 225 RR	V Max RR
Testemunha	0,29 ab*	0,40 ab	0,75 ab*	0,91 ab	1,04 ab*	1,31 ab
Roundup Original®	0,22 cd*	0,36 b	0,53 cd*	0,89 ab	0,74 cd*	1,25 b
Roundup Ready®	0,32 a*	0,38 ab	0,81 a	0,94 ab	1,12 a*	1,32 ab
Roundup Transorb®	0,20 d*	0,37 ab	0,52 d*	0,89 b	0,71 d*	1,26 ab
Roundup Ultra®	0,30 ab*	0,41 ab	0,74 ab*	0,96 ab	1,04 ab*	1,37 ab
Roundup WG®	0,28 abc*	0,38 ab	0,67 bc*	0,87 b	0,94 ab*	1,25 b
Zapp Qi®	0,25 bcd*	0,41 a	0,68 ab*	1,03 a	0,92 bc*	1,45 a
DMS	0,06		0,14		0,19	
CV (%)	15,79		15,49		14,92	

* Médias diferem significativamente entre si pelo teste F para a variável variedades (p≤0,05);

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

Quanto ao fator formulações glyphosate, considerando primeiramente o acúmulo de matéria seca pelas hastes das plantas na cultivar CD 225 RR, verificou-se que apenas os tratamentos com Roundup Ready® e Roundup Ultra® tiveram acúmulo significativamente igual ao da testemunha. Estes, por sua vez, superaram os tratamentos com as formulações Roundup Original® e Roundup Transorb®. Dentro desse contexto, o tratamento com Roundup Ready® também foi superior ao tratamento com Zapp QI® e, o tratamento com Roundup WG®, apresentou maior acúmulo de matéria seca que o tratamento com Roundup Transorb®. Para a cultivar V Max RR, nenhum tratamento diferiu significativamente da

testemunha, porém a formulação Zapp QI[®] apresentou maior acúmulo de matéria seca pelas hastes que a formulação Roundup Original[®].

Para o acúmulo de matéria seca pelas folhas, os tratamentos com Roundup Ready[®], Roundup Ultra[®] e Zapp Qi[®] foram estatisticamente iguais ao da testemunha para a cultivar CD 225 RR. Neste caso, a testemunha apresentou maior acúmulo de matéria seca nas folhas que os tratamentos com Roundup Original[®] e Roundup Transorb[®]. Adicionalmente, além dessas formulações, o tratamento com Roundup Ready[®] também superou o tratamento com Roundup WG[®]. Por outro lado, na cultivar V Max RR, todos os tratamentos não diferiram significativamente da testemunha. Entretanto, a formulação Zapp QI[®] apresentou maior acúmulo de matéria seca que o Roundup Transorb[®] e Roundup WG[®].

Finalmente, considerando o acúmulo de matéria seca pela parte aérea (hastes + folhas) das plantas de soja RR, verificou-se para a cultivar CD 225 RR que os tratamentos com Roundup Ready[®], Roundup Ultra[®], Roundup WG[®] e Zapp Qi[®] não diferiram significativamente da testemunha, sendo esta última superior aos tratamentos com a aplicação de Roundup Original[®] e Roundup Transorb[®]. Todavia, além destas duas últimas formulações, o tratamento com Roundup Ready[®] também superou o tratamento com Zapp Qi[®]. Por outro lado, na cultivar V Max RR, assim como verificado para o acúmulo de matéria seca pelas hastes e folhas, não houve diferenças dos tratamentos com herbicidas se comparado a testemunha. No entanto, o tratamento com Zapp Qi foi superior aos tratamentos com as formulações Roundup Original[®] e Roundup WG[®].

Pode-se ressaltar que as formulações Roundup Ready[®] e Roundup Ultra[®] não reduziram o acúmulo de matéria seca tanto das partes da planta (hastes e folhas) quanto da parte aérea total (hastes + folhas) da cultivar CD 225 RR, sendo, portanto, estas indicadas para aplicação em lavouras semeadas com tal cultivar. Já a cultivar V Max RR não apresentou nenhuma restrição quanto a utilização das formulações de glyphosate estudadas, pois os tratamentos com herbicidas não apresentaram diferença em relação às respectivas testemunhas, em termos de acúmulo de matérias seca, em todas as avaliações realizadas.

Correia e Durigan (2007) em estudo com as cultivares CD 214 RR e M-SOY 8008 RR, verificaram que as formulações de glyphosate Roundup Ready[®], Roundup Transorb[®], Roundup Original[®], Roundup WG[®], Polaris[®], Gliz[®], Glifosato Nortox[®] e Trop[®] não causaram injúrias às plantas. Os autores relatam que apesar da presença de

diferentes surfatantes e inertes nas composições dos herbicidas, os mesmos apresentaram comportamentos similares para as cultivares avaliadas. No entanto, Santos et al. (2007a) relatou efeito prejudicial da formulação Roundup Transorb[®], formulado à base do sal de isopropilamina, à cultivar CD 219 RR, a qual reduziu o número de nódulos radiculares e o rendimento de grãos e promoveu maior efeito negativo sobre a microbiota do solo.

Levando em consideração as formulações de glyphosate quanto ao acúmulo de matéria seca pelas plantas das cultivares de soja RR (CD 225 RR e V Max RR) estudadas no experimento, pode-se dizer que as mesmas apresentaram efeitos diferenciados, que por sua vez, podem ser explicados por vários fatores, entre eles: o sal que compõe a formulação (REDDY e ZABLOTOWICZ, 2003); o adjuvante presente na formulação, o qual pode potencializar de forma diferencial a penetração, absorção e translocação do glyphosate pelas plantas (MOLIN e HIRASE, 2005; SANTOS et al., 2007b); o efeito em organismos não-alvo (SANTOS et al., 2005, 2006); as disfunções fisiológicas provocadas nas plantas, como a redução da lignificação e produção de aminoácidos (ZOBIOLE et al., 2010a), taxa fotossintética e o uso de água pelas plantas (ZOBIOLE et al., 2010b); o desbalanço nutricional (DUKE et al., 1983; ZOBIOLE et al., 2009); além da produção de quantidades diferenciadas de metabólitos do glyphosate nas plantas, entre eles o AMPA (REDDY et al., 2004).

Os resultados do estudo complementar de campo para o acúmulo de macronutrientes (Tabela 6), micronutrientes (Tabela 7) e matéria seca pela parte aérea (Tabela 8) nas plantas de soja da cultivar V Max RR realçaram os resultados do experimento de casa-de-vegetação, pois as diferenças observadas nos parâmetros avaliados foram visualmente insignificantes, demonstrando a seletividade da tecnologia da formulação de glyphosate Roundup Ready[®] para a cultura.

Tabela 6. Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) pela parte aérea de plantas de soja (cultivar V Max RR) aos 15 dias após o tratamento (DAT) com o herbicida glyphosate (793 g e.a ha⁻¹) na formulação Roundup Ready[®].

Tratamento	Acúmulo de macronutrientes (mg/planta)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Testemunha	122,2	10,45	118,95	53,95	18,0	8,4
Roundup Ready [®]	126,2	9,8	100,6	48,0	14,0	7,5

Tabela 7. Acúmulo de micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu e B) pela parte aérea de plantas de soja (cultivar V Max RR) aos 15 dias após o tratamento (DAT) com o herbicida glyphosate (793 g e.a ha⁻¹) na formulação Roundup Ready®.

Tratamento	Acúmulo de micronutrientes (mg/planta)				
	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Testemunha	1,37	0,50	0,161	0,0816	0,16
Roundup Ready®	1,08	0,67	0,137	0,0677	0,15

Tabela 8. Acúmulo de matéria seca (g) pela parte aérea de plantas de soja (cultivar V Max RR) aos 15 dias após o tratamento (DAT) com o herbicida glyphosate (793 g e.a ha⁻¹) na formulação Roundup Ready®.

Tratamento	Acúmulo de matéria seca (g/planta)
Testemunha	3,56
Roundup Ready®	3,68

Contudo, baseado nos resultados apresentados, pode-se enfatizar que a escolha da formulação de glyphosate para controle de plantas daninhas em soja RR deve ser realizada com critério e que a resposta quanto ao acúmulo de nutrientes e matéria seca pela parte aérea das plantas de soja é dependente da cultivar utilizada.

4.2 Experimento com milho-pipoca e o herbicida nicosulfuron

4.2.1 Híbrido - A 448 White

Os sintomas de fitointoxicação observados no milho-pipoca (híbrido A 448 White), de modo geral, foram de clorose e enrugamento das folhas novas em expansão poucos dias após a aplicação do nicosulfuron. Mais tardiamente, os sintomas passaram para a parte central das mesmas em forma de manchas e, posteriormente, em alguns casos, houve estrangulamento e enrolamento das extremidades. Tais sintomas estão de acordo com os observados por Môro e Damião Filho (1999) e Cavalieri et al. (2008a) em híbridos de milho comum.

Os dados de fitointoxicação (Tabela 9) do milho-pipoca mostraram, claramente, maior fitotoxicidade do nicosulfuron quando aplicado nos estádios mais avançados de desenvolvimento da cultura. Desta forma, aos 7 DAT do herbicida, foi possível constatar

que as plantas do estágio V7 tiveram injúrias significativamente superiores que as dos demais estádios, somente quando aplicada a dosagem de 140 g ha⁻¹. No entanto, aos 14 e 28 DAT, os sintomas foram mais acentuados, sendo possível verificar diferenças significativas entre os estádios de desenvolvimento a partir da dosagem de 17,5 g ha⁻¹, onde o estágio V7 sempre foi o mais injuriado.

Tabela 9. Fitointoxicação do milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Dosagem (g ha ⁻¹)	Fitointoxicação (%)								
	7 DAT			14 DAT			28 DAT		
	Estádio								
	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7
0	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
17,5	15,00 a	16,25 a	18,75 a	6,25 b	13,75 a	20,00 a	3,75 b	5,00 b	12,50 a
35	21,25 a	25,00 a	26,25 a	13,75 b	13,75 b	25,00 a	5,00 b	6,75 b	13,75 a
70	26,25 a	27,50 a	32,50 a	13,75 b	20,00 b	28,75 a	5,00 c	13,25 b	18,50 a
140	33,75 b	36,25 b	56,25 a	13,75 c	38,75 b	62,50 a	16,25 b	20,75 b	54,75 a
DMS	6,91			7,35			5,15		
CV (%)	21.70			28.62			30.87		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada época de avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

No que diz respeito à resposta do milho-pipoca às dosagens de nicosulfuron aos 7 e 14 DAT (Figura 3), o modelo hiperbólico com dois parâmetros apresentou um ótimo ajuste aos dados de fitointoxicação das plantas (Tabela 10), ao passo que o modelo polinomial linear se ajustou melhor aos dados na avaliação realizada aos 28 DAT (Tabela 10). Em cada avaliação, para os três estádios de desenvolvimento estudados, foi possível visualizar que à medida que a dosagem de nicosulfuron foi aumentada, aumentaram-se também o nível de dano nas plantas.

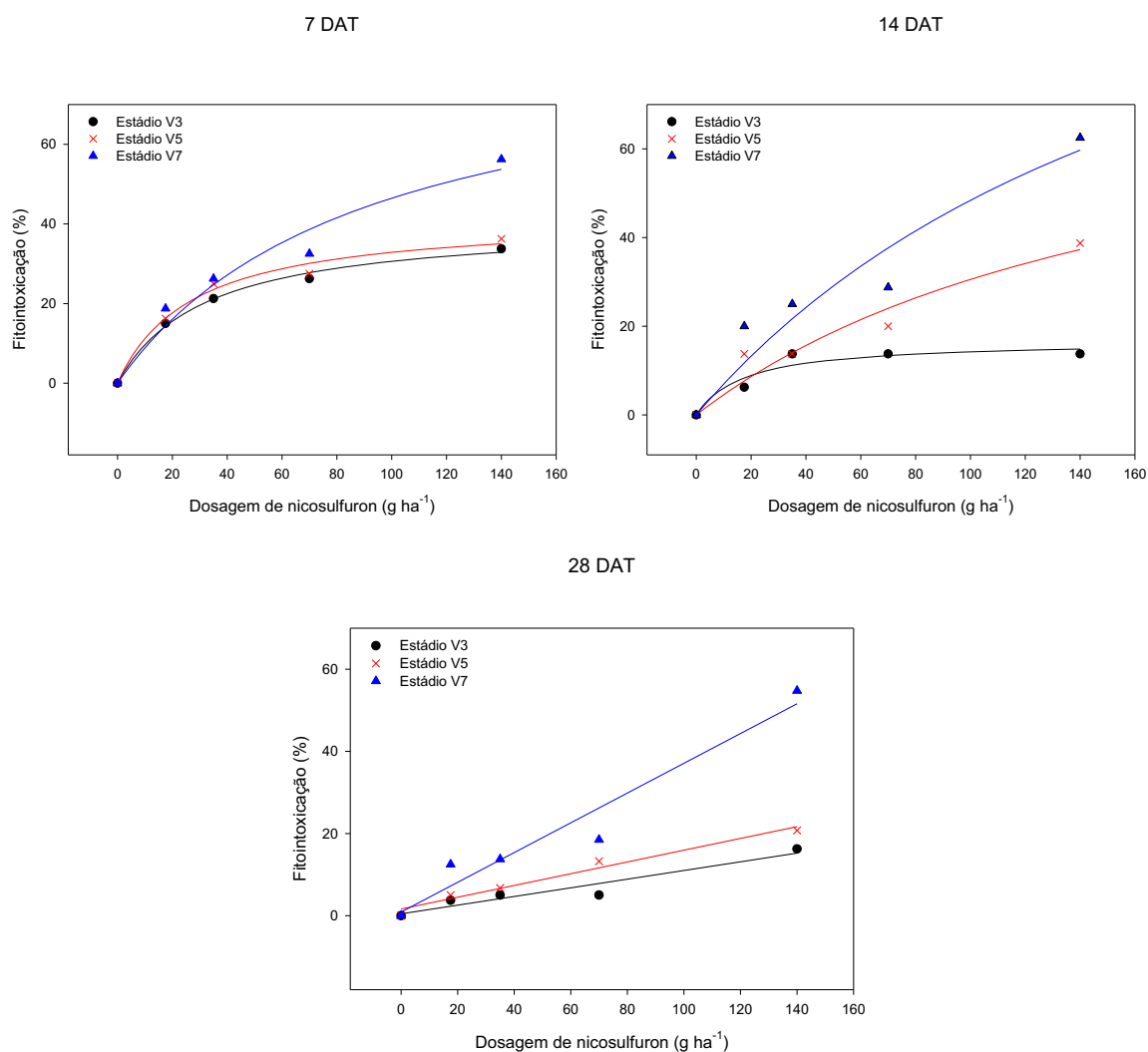


Figura 3. Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na fitointoxicação (%) do milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT), em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Tabela 10. Equações de regressão em função da fitointoxicação do milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Época de avaliação (DAT)	Estádio	Modelo estatístico	F	R ²
7	V3	$y=40,3435x/(31,8216+x)$	562,0176*	0,99
	V5	$y=41,8291x/(27,3188+x)$	211,7926*	0,99
	V7	$y=88,2212x/(89,8992+x)$	74,2941*	0,96
14	V3	$y=16,6996x/(17,4264+x)$	33,8869*	0,92
	V5	$y=83,1756x/(172,2672+x)$	39,8493*	0,93
	V7	$y=143,9335x/(197,4826+x)$	33,7319*	0,92
28	V3	$y=0,1054x+0,4688$	33,57*	0,92
	V5	$y=0,1432x+1,6313$	110,4655*	0,97
	V7	$y=0,3621x+0,8875$	48,9213*	0,94

* Modelo estatístico significativo a 5% de probabilidade.

Com relação à altura relativa das plantas do milho-pipoca (Tabela 11), aos 7 DAT, verificou-se que as plantas submetidas ao nicosulfuron no estágio V7 tiveram altura significativamente inferior àquelas que receberam o herbicida no estágio V3. Adicionalmente, nas dosagens de 35 e 70 g ha⁻¹, as plantas que receberam o nicosulfuron no estágio V7 apresentaram altura inferior àquelas submetidas aos tratamentos no estágio V5. Aos 14 DAT, foi verificado redução de altura nas plantas de milho-pipoca somente no estágio V7 em relação ao V3, quando submetidas à dosagem de 70 g ha⁻¹. No entanto, com 140 g ha⁻¹, as plantas provenientes de cada estágio diferenciaram-se entre si, as quais tiveram maiores reduções de altura à medida que o nicosulfuron foi aplicado em estádios mais avançados de desenvolvimento. Aos 28 DAT, apenas as plantas tratadas nas dosagens de 70 e 140 g ha⁻¹ de nicosulfuron no estágio V7, apresentaram redução de altura quando comparadas aos demais estádios.

Damião Filho et al. (1996) estudaram o efeito da dosagem de 80 g ha⁻¹ de nicosulfuron sobre a altura de híbridos de milho comum no campo no estágio de quatro a seis folhas expandidas e observaram que, aos 47 dias após o plantio (DAP), os híbridos AG 106, BR 201, 92HD1QPM e CMS apresentaram redução de estatura, sendo que, por ocasião do florescimento, o híbrido AG 106 diferiu da testemunha, ao contrário do BR 201, 92HD1QPM e CMS que igualaram as alturas das respectivas testemunhas. Os híbridos BR

206 e HT 2X, que aos 47 DAP, não diferiram em altura dos respectivos controles, por ocasião do florescimento, apresentaram alturas significativamente menores do que estes.

Tabela 11. Altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) em relação à testemunha aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Dosagem (g ha ⁻¹)	Altura relativa das plantas (%)								
	7 DAT			14 DAT			28 DAT		
	Estádio								
	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7
0	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
17,5	93,73 a	88,28 ab	78,12 b	95,91 a	93,42 a	91,72 a	99,49 a	97,62 a	94,37 a
35	85,59 a	86,54 a	69,74 b	93,76 a	91,41 a	88,88 a	96,48 a	97,08 a	90,48 a
70	85,34 a	83,76 a	68,90 b	92,77 a	85,65 ab	83,76 b	95,59 a	96,64 a	78,38 b
140	81,84 a	78,77 ab	68,73 b	91,04 a	77,26 b	64,71 c	94,20 a	91,73 a	70,71 b
DMS	10,21			8,95			8,03		
CV (%)	8,46			6,97			6,02		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada época de avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Em contrapartida, Spader e Vidal (2001) estudando a seletividade de nicosulfuron (60 e 80 g ha⁻¹) aplicado nos estádios V3, V6 e V9 do milho comum (híbrido AG 501) não observaram efeito na variável altura de planta. Resultados semelhantes foram observados por Spader e Antoniazzi (2006) com nicosulfuron (60 g ha⁻¹) para os híbridos de milho comum AG 9020, P 30R50, P 30F53, P 30P70, Penta, DOW 2B150, P 30P34, AG 8021, P 30F44, DKB 214, Garra, DKB 330, AS 1550 e AS 1560, aplicado no estágio de seis folhas expandidas, os quais constataram efeitos negativos sobre a altura das plantas em decorrência do tratamento herbicida.

Na figura 4 pode-se visualizar a resposta das plantas de milho-pipoca às aplicações do herbicida nicosulfuron levando em consideração a altura relativa das plantas. Dentro desse contexto, os dados provenientes da avaliação aos 7 DAT e os dados referentes ao estágio V3 da avaliação aos 14 DAT se ajustaram ao modelo exponencial com três parâmetros descrito na tabela 12. Todavia, os dados referentes aos estádios V5 e V7 da avaliação feita aos 14 DAT e os da avaliação realizada aos 28 DAT, tiveram melhor ajuste ao modelo polinomial linear (Tabela 12). Desta forma, tanto aos 7 DAT quanto aos 14 DAT para o estágio V3, observou-se a supressão de crescimento das plantas quando submetidas às dosagens crescentes

do herbicida, se estabilizando a partir de determinado ponto pela incapacidade de crescimento das plantas. Por outro lado, para os estádios V5 e V7 aos 14 DAT e aos 28 DAT, tal resposta foi linear, demonstrando o grande efeito do nicosulfuron em suprimir o crescimento das plantas.

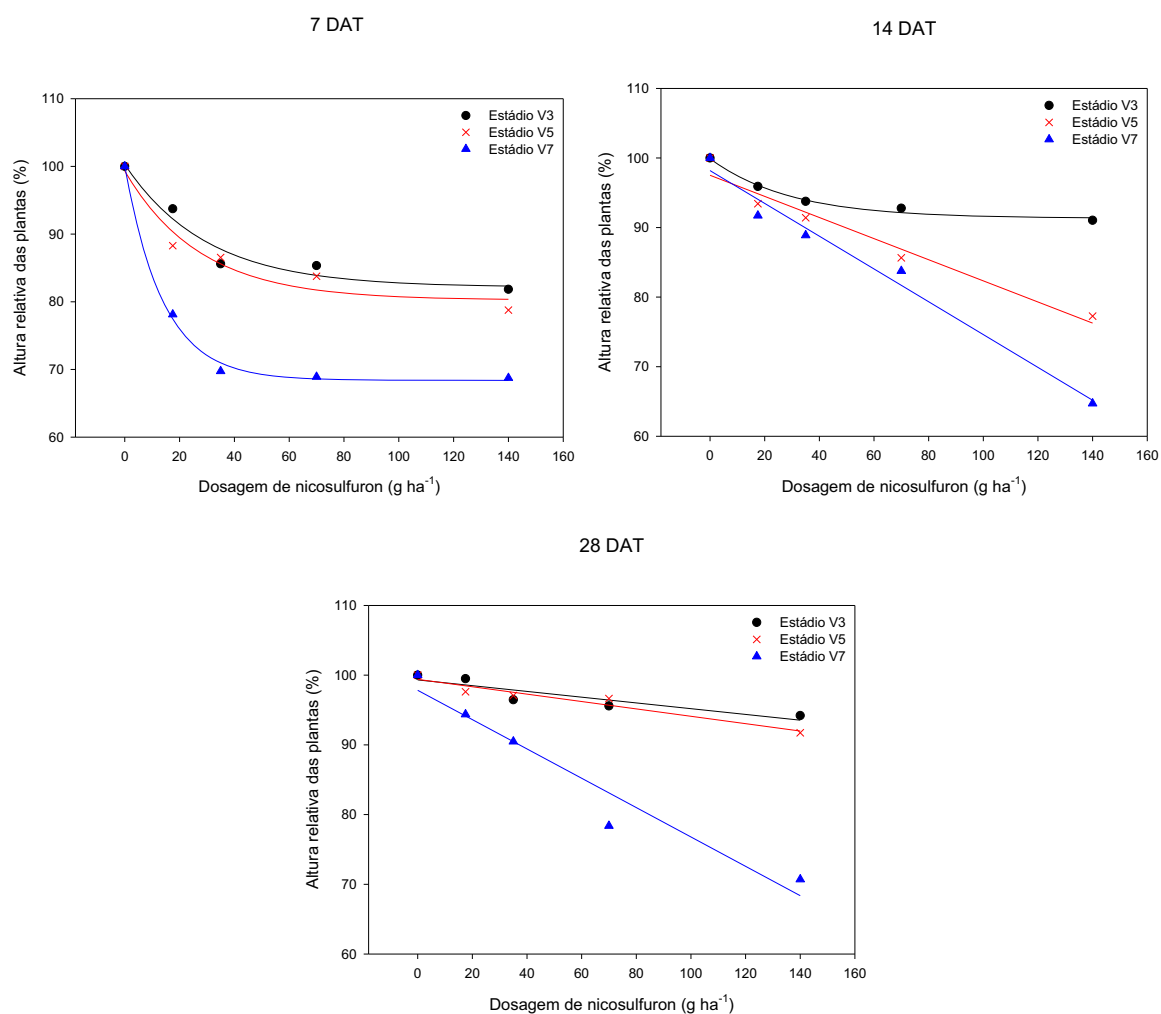


Figura 4. Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Tabela 12. Equações de regressão em função da altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) em relação à testemunha aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Época de avaliação (DAT)	Estádio	Modelo estatístico	F	R ²
7	V3	$y=82,1453+18,1417 \times \exp(-0,0335x)$	22,4117*	0,96
	V5	$y=80,2426+19,0832 \times \exp(-0,0364x)$	19,2864*	0,95
	V7	$y=68,3829+3,7115 \times \exp(-0,0716x)$	325,3728*	0,99
14	V3	$y=91,3324+8,5721 \times \exp(-0,0338x)$	76,6393*	0,99
	V5	$y=-0,1519x+97,5205$	74,3347*	0,96
	V7	$y=-0,2357x+98,1897$	141,6762*	0,98
28	V3	$y=-0,0412x+99,3172$	14,3830*	0,83
	V5	$y=-0,0529x+99,3912$	45,3487*	0,94
	V7	$y=-0,2104x+97,8334$	50,0447*	0,94

* Modelo estatístico significativo a 5% de probabilidade.

Entre os componentes de produção do híbrido do milho-pipoca A 448 White (Tabela 13), não foram caracterizadas diferenças significativas para número de plantas e espigas por metro quadrado. Porém, foi encontrada redução significativa do comprimento das espigas quando aplicado 140 g ha⁻¹ de nicosulfuron no estágio V7 da cultura em relação aos demais estádios. As plantas submetidas ao nicosulfuron no estágio V7 também apresentaram maior massa de 100 grãos em relação ao estágio V3, sendo o tratamento com 35 g ha⁻¹ superior também ao estágio V5. No que diz respeito ao número de grãos por espiga, este foi reduzido diante das aplicações de nicosulfuron novamente no estágio V7 em relação aos demais estádios, exceto para a dosagem de 35 g ha⁻¹. Tal fato é interessante, pois a redução do número de grãos por espiga no estágio V7 proporcionado pela aplicação do herbicida nicosulfuron pode ter propiciado aumento na massa de grãos das espigas devido a relações fonte-dreno.

Quanto às curvas de dose-resposta para o efeito do nicosulfuron sobre os componentes de produção do milho-pipoca (Figura 5), foi possível ajustar modelos significativos de regressão com explicação agrônômica somente para comprimento de espigas, massa de 100 grãos e número de grãos por espiga, quando o herbicida foi aplicado no estágio V7 da cultura. Desta forma, os dados referentes ao comprimento de espigas apresentaram

Tabela 13. Componentes de produção (plantas m⁻², espigas m⁻², comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após o tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Dosagem (g ha ⁻¹)	Componentes de produção																
	Plantas m ⁻²			Espigas m ⁻²			Comp. de espigas (cm)			Massa de 100 grãos (g)			Grãos por espiga				
							Estádio										
	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7		
0	7,24 a	7,14 a	7,80 a	9,54 a	6,91 a	7,90 a	14,30 a	14,30 a	14,30 a	14,32 a	10,34 a	9,40 a	9,79 a	551,06 a	619,50 a	623,14 a	
17,5	6,91 a	6,85 a	7,16 a	7,56 a	8,22 a	9,21 a	14,54 a	13,84 a	13,84 a	13,80 a	9,77 b	10,14 ab	10,52 a	611,62 a	587,85 ab	469,40 b	
35	7,50 a	7,10 a	7,47 a	7,24 a	8,55 a	7,57 a	13,73 a	13,29 a	12,92 a	12,92 a	9,20 b	9,64 b	10,94 a	532,80 a	573,92 a	460,93 a	
70	7,06 a	6,85 a	7,43 a	8,22 a	8,88 a	8,55 a	13,65 a	14,57 a	12,90 a	12,90 a	10,02 b	10,16 ab	11,24 a	597,52 a	645,35 a	379,40 b	
140	6,67 a	6,58 a	6,86 a	7,24 a	7,56 a	9,54 a	14,59 a	13,26 ab	11,78 b	10,06 b	10,62 ab	11,37 a	609,21 a	565,85 a	322,44 b		
DMS	1,07			3,09			1,78			1,12			121,41				
CV (%)	10,52			26,45			9,10			7,68			15,66				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada componente de produção, não diferem significativamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

ajuste linear (Tabela 14) e os dados referentes à massa de 100 grãos e número de grãos por espiga, ajustaram-se a modelos exponenciais distintos (Tabela 14). Portanto, considerando o estágio V7 da cultura, a aplicação do nicosulfuron reduziu drasticamente o comprimento de espigas do híbrido em questão, aumentou a massa de 100 grãos e reduziu o número de grãos por espiga à medida que aplicaram-se dosagens mais elevadas do herbicida.

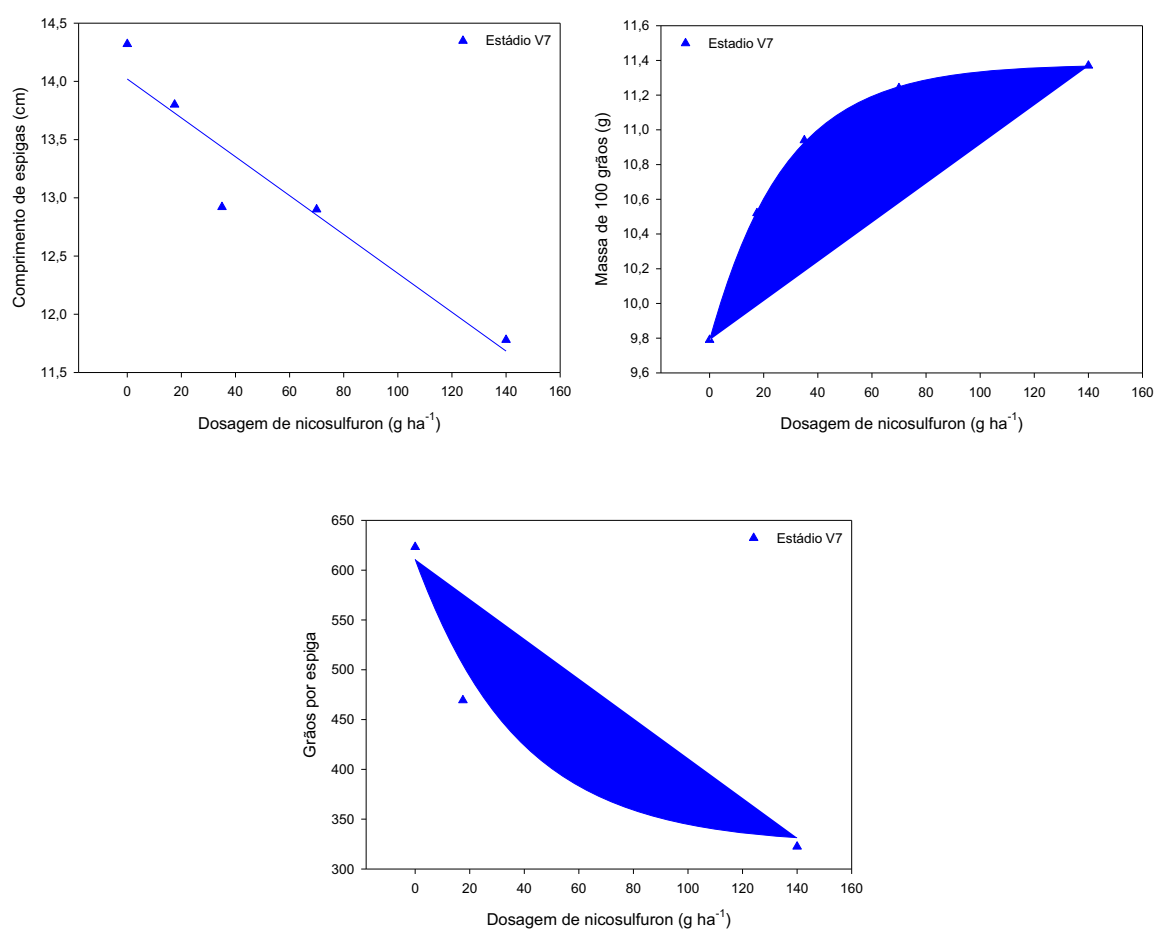


Figura 5. Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron em componentes de produção (comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) no estágio V7 da cultura.

Tabela 14. Equações de regressão em função de componentes de produção (comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após o tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron no estágio V7 da cultura.

Variável	Estádio	Modelo estatístico	F	R ²
Comp. de espigas	V7	$y = -0,0167x + 14,02$	27,4337*	0,90
Massa de 100 grãos		$y = 9,7880 + 1,5896 \times [1 - \exp(1 - 359x)]$	4074,3345*	0,99
Grãos/espiga		$y = 324,3272 + 286,7080 \times \exp(-0,0264x)$	23,5140*	0,96
Produtividade		$y = -5,4784x + 2203,1160$	93,6785*	0,97

* Modelo estatístico significativo a 5% de probabilidade.

Com relação à produtividade de grãos do híbrido do milho-pipoca A 448 White (Tabela 15), foram novamente verificados efeitos prejudiciais da aplicação do herbicida nicosulfuron, somente quando as plantas encontravam-se no estágio V7. Diante disso, as dosagens de 70 e 140 g ha^{-1} , comprometeram a produtividade do híbrido, sendo, portanto, necessária cautela quando se objetiva aplicar tal herbicida para o manejo de plantas daninhas que demandam dosagens mais elevadas para o seu controle nesse estágio fenológico da cultura. Além disso, é importante frisar que essas dosagens estão acima do que é recomendado no Brasil para milho comum (50 - 60 g ha^{-1}) (Rodrigues & Almeida, 2005) e nos Estados Unidos para milho-pipoca (35 g ha^{-1}) (Bernards et al., 2009), não devendo ser usadas para evitar qualquer efeito inesperado sobre as plantas.

Tabela 15. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) submetido ao tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Dosagem (g ha^{-1})	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})		
	Estádio		
	V3	V5	V7
0	2.163,92 a	2.127,67 a	2.282,53 a
17,5	1.961,96 a	1.954,29 a	2.065,60 a
35	1.914,75 a	1.928,45 a	1.953,37 a
70	2.087,47 a	2.199,46 a	1.820,68 b
140	2092,97 a	2.127,05 a	1.455,32 b
DMS	206,19		
CV (%)	7,19		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada estágio de desenvolvimento, não diferem significativamente entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Diante disso, López-Ovejero et al. (2003) constataram redução de produtividade para o híbrido de milho P 3027, na dosagem de 52 g ha⁻¹ de nicosulfuron aplicada em plantas com quatro folhas expandidas. Por outro lado, Spader e Antoniazzi (2006) relataram que os híbridos DKB 214, AS 1550, P30P70, Speed, Penta, P30R50 e DOW 2B150 apresentaram redução na produtividade de grãos quando foram submetidos à dosagem de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron no estágio de seis folhas expandidas.

Entre os estádios de desenvolvimento avaliados, somente para o estágio V7 houve significância no que diz respeito à confecção de curvas de dose-resposta dentro do intervalo de dosagens de nicosulfuron estudado (Figura 6). A curva confeccionada, por sua vez, teve ajuste linear ($R^2 = 0,97$) (Tabela 14), evidenciando a sensibilidade do híbrido A 448 White às dosagens de nicosulfuron aplicadas nesse estágio de desenvolvimento da cultura.

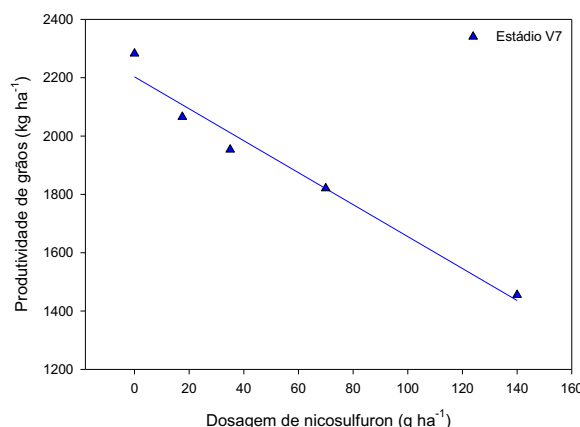


Figura 6. Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de milho-pipoca (híbrido A 448 White) após o tratamento no estágio V7 da cultura.

Tais resultados corroboram com os encontrados por Buzatti (2000), que aplicando nicosulfuron nas dosagens de 0, 20, 30 e 40 g ha⁻¹ no híbrido de milho P 3063, no estágio até seis folhas expandidas, não observou redução na produtividade. No entanto, quando a aplicação foi realizada a partir da sétima folha expandida, foi constatada redução na produtividade de grãos.

Contudo, a observação do estágio de desenvolvimento das plantas do híbrido A 448 White, para a escolha do melhor momento de aplicação do nicosulfuron, é de grande relevância para o controle seletivo de plantas daninhas nessa cultura, uma vez que, estádios mais avançados de desenvolvimento são mais sensíveis a este herbicida, o qual se aplicado inadequadamente, pode provocar efeitos nocivos nas plantas em termos de fitointoxicação, altura, componentes de produção e, conseqüente, produtividade de grãos.

4.2.2 Híbrido – N III Yellow

Os sintomas de fitointoxicação visualizados para o híbrido de milho-pipoca N III Yellow foram exatamente os mesmos anteriormente descritos para o híbrido A 448 White, estando de acordo com os observados por Môro e Damião Filho (1999) e Cavalieri et al. (2008a).

Assim sendo, no que diz respeito aos dados de fitointoxicação das plantas (Tabela 16), na avaliação realizada aos 7 DAT do nicosulfuron, já foi possível verificar diferenças estatísticas significativas entre os estádios de desenvolvimento da cultura, em que as notas de fitointoxicação referentes aos estádios V5 e V7 foram superiores às do estágio V3 quando aplicaram-se as dosagens de 17,5; 35 e 70 g ha⁻¹. Ainda para essa época de avaliação, quando aplicada a dosagem de 140 g ha⁻¹ no milho-pipoca, verificou-se fitointoxicação significativamente diferente entre os três estádios de desenvolvimento da cultura, a qual foi mais severa a medida que os estádios fenológicos de desenvolvimento eram mais avançados.

Tal comportamento das plantas de milho-pipoca descrito aos 7 DAT perante a fitointoxicação das plantas (Tabela 16), seguiu exatamente a mesma tendência aos 14 DAT, diferindo somente quando aplicou-se a dosagem de 35 g ha⁻¹, onde foi observada maior fitointoxicação a medida que o nicosulfuron foi aplicado em plantas com maior número de folhas.

Tabela 16. Fitointoxicação das plantas de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Dosagem (g ha ⁻¹)	Fitointoxicação (%)								
	7 DAT			14 DAT			28 DAT		
	Estádio								
	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7
0	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
17,5	6,25 b	17,50 a	21,25 a	6,25 b	16,25 a	22,50 a	6,25 a	7,00 a	11,25 a
35	15,00 b	25,00 a	27,50 a	11,25 c	18,75 b	30,00 a	7,50 b	11,25 ab	13,75 a
70	18,75 b	30,00 a	32,50 a	12,50 b	33,75 a	37,50 a	7,50 b	22,50 a	25,50 a
140	22,50 c	32,75 b	60,00 a	12,50 c	47,50 b	82,50 a	15,00 c	36,75 b	76,75 a
DMS	7,99			7,18			5,08		
CV (%)	27,11			22,78			22,15		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada época de avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Aos 28 DAT, foram constatadas diferenças de fitointoxicação somente quando aplicadas as dosagens de 35, 70 e 140 g ha⁻¹ (Tabela 16). Nestas condições, na dosagem de 35 g ha⁻¹, as plantas no estágio V7 apresentaram fitointoxicação superior às plantas no estágio V3, no entanto, quando aplicou-se a dosagem de 70 g ha⁻¹, as plantas no estágio V5 e V7 apresentaram fitointoxicação superior às plantas no estágio V3. Todavia, para a dosagem de 140 g ha⁻¹, as plantas nos diferentes estádios fenológicos tiveram notas fitointoxicação diferentes entre si, sendo as plantas pertencentes a estádios mais avançados sempre mais injuriadas pelo herbicida nicosulfuron.

No que se refere à resposta do híbrido de milho-pipoca N III Yellow às dosagens de nicosulfuron (Figura 7), levando em consideração os diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura estudados, aos 7, 14 e 28 DAT (este último somente para os estádios V3 e V5), o modelo exponencial com dois parâmetros (Tabela 17) se ajustou significativamente aos respectivos dados de fitointoxicação ($R^2 = 0,94$). Para a fitointoxicação apresentada pelo estágio V7 nas diferentes dosagens de nicosulfuron aplicadas, o modelo polinomial linear (Tabela 17) mostrou-se mais adequado em explicar o comportamento dos dados ($R^2 = 0,96$). Diante do exposto, pode-se dizer que a aplicação de dosagens crescentes de nicosulfuron potencializou a fitointoxicação das plantas.

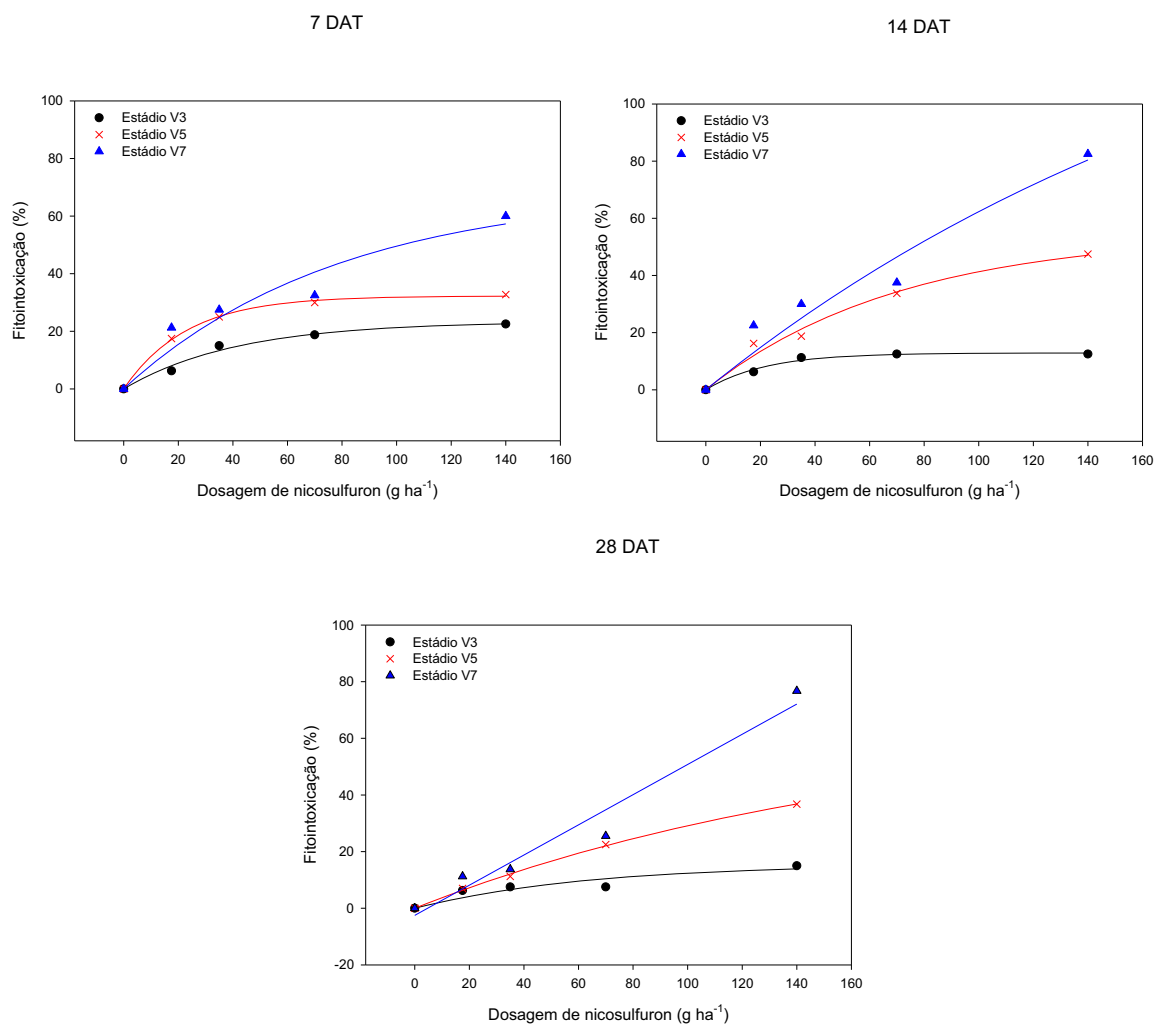


Figura 7. Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na fitointoxicação (%) das plantas de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Tabela 17. Equações de regressão em função da fitointoxicação das plantas de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Época de avaliação (DAT)	Estádio	Modelo estatístico	F	R ²
7	V3	$y=23,3759 \times [1-\exp(-0,0241x)]$	163,5287*	0,98
	V5	$y=32,2672 \times [1-\exp(-0,0431x)]$	2123,3435*	0,99
	V7	$y=69,0396 \times [1-\exp(-0,0127x)]$	38,0297*	0,93
14	V3	$y=12,9027 \times [1-\exp(-0,0459x)]$	191,9912*	0,99
	V5	$y=54,7513 \times [1-\exp(-0,0140x)]$	151,4912*	0,99
	V7	$y=171,8819 \times [1-\exp(-0,0045x)]$	52,2509*	0,95
28	V3	$y=15,6517 \times [1-\exp(-0,0157x)]$	45,3979*	0,94
	V5	$y=66,5763 \times [1-\exp(-0,0058x)]$	1810,0544*	0,99
	V7	$y=0,5329x-2,5250$	74,6935*	0,96

* Modelo estatístico significativo a 5% de probabilidade.

Com relação à altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (Tabela 18), para cada época de avaliação, foram constatadas diferenças estatísticas significativas nesta variável-resposta entre os estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura somente quando aplicadas as dosagens de 70 e 140 g ha⁻¹ do nicosulfuron, com excessão para a dosagem de 70 g ha⁻¹ aos 7 DAT, época esta em que a altura das plantas tratadas com 140 g ha⁻¹ no estágio V7 foi inferior às do estágio V5. Desta forma, aos 14 DAT, as plantas tratadas nos estádios V5 e V7 com a dosagem de 70 g ha⁻¹, apresentaram altura significativamente inferior às tratadas no estágio V3. Entretanto, aos 28 DAT, tanto na dosagem de 70 g ha⁻¹ quanto na dosagem de 140 g ha⁻¹, as plantas tratadas no estágio V7 apresentaram altura inferior aos demais estádios de desenvolvimento da cultura.

Tabela 18. Altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) em relação à testemunha aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Dosagem (g ha ⁻¹)	Altura relativa das plantas (%)								
	7 DAT			14 DAT			28 DAT		
	Estádio								
	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7
0	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
17,5	85,92 a	83,48 a	85,28 a	98,07 a	98,46 a	88,16 a	98,18 a	94,68 a	96,56 a
35	84,72 a	81,29 a	81,43 a	94,36 a	93,42 a	85,96 a	95,48 a	93,93 a	93,76 a
70	84,64 a	80,50 a	79,96 a	91,35 a	80,16 b	79,19 b	93,11 a	93,23 a	82,24 b
140	77,76 ab	79,89 a	66,93 b	87,43 a	75,02 b	46,73 c	90,00 a	87,81 a	52,87 b
DMS	11,70			10,37			8,18		
CV (%)	9.67			8.27			6.27		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada época de avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Quanto aos modelos estatísticos de regressão usados para explicar a altura relativas das plantas (%) de milho pipoca (Tabela 19), conforme o incremento das dosagens de nicosulfuron nas diferentes épocas de avaliação em cada estágio fenológico da cultura (Figura 8), não foi possível encontrar um modelo estatístico capaz de explicar significativamente e agronomicamente a variação dos dados para o estágio V3 aos 7 DAT, sendo considerado, portanto, que tais variações foram em decorrência do acaso. No entanto, ainda para esta época de avaliação, ajustou-se um modelo de regressão exponencial com três parâmetros para os dados referentes ao estágio V5 e outro polinomial linear para os dados referentes ao estágio V7 da cultura (Tabela 19).

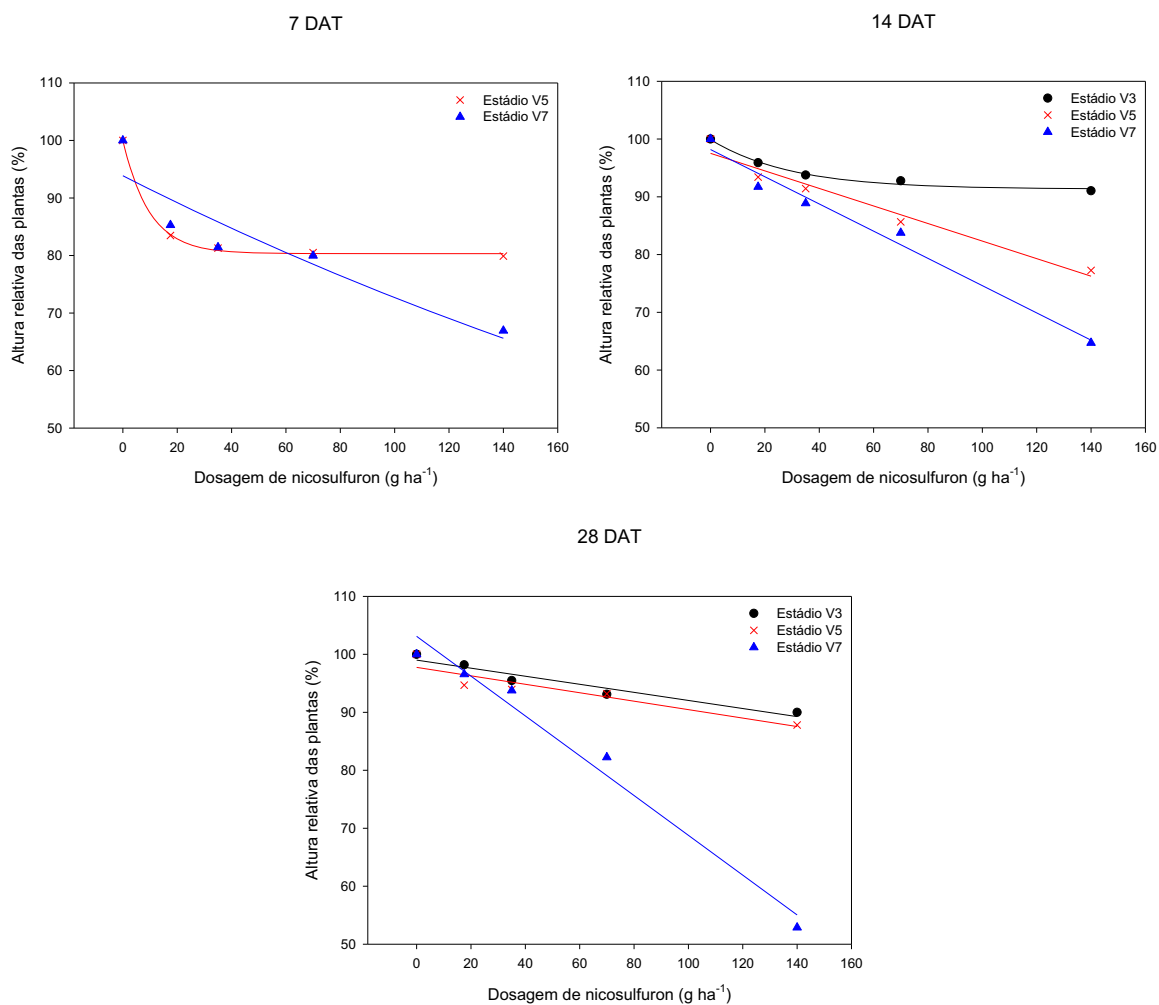


Figura 8. Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Tabela 19. Equações de regressão em função da altura relativa das plantas (%) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Época de avaliação (DAT)	Estádio	Modelo estatístico	F	R ²
7	V5	$y=80,3282+19,6599 \times \exp(-0,1021x)$	709,0002*	0,99
	V7	$y=93,8620 \times \exp(-0,0026x)$	17,8949*	0,86
14	V3	$y=91,3324+8,5721 \times \exp(-0,0338x)$	76,6393*	0,99
	V5	$y=-0,1519x+97,5205$	74,3347*	0,96
	V7	$y=-0,2357x+98,1897$	141,6762*	0,98
28	V3	$y=-0,0696x+99,0087$	45,3979*	0,94
	V5	$y=-0,0729x+97,7520$	19,0223*	0,87
	V7	$y=-0,3433x+103,1077$	136,1492*	0,98

* Modelo estatístico significativo a 5% de probabilidade.

Já para as avaliações realizadas aos 14 e 28 DAT, todas as curvas confeccionadas (Figura 8) para explicar os efeitos das dosagens de nicosulfuron em cada estágio de desenvolvimento do milho-pipoca foram feitas usando do modelo polinomial linear (Tabela 19), exceto aos 14 DAT no estágio V3, em que foi usado o mesmo modelo exponencial descrito acima (Tabela 19) para a avaliação realizada aos 7 DAT no estágio V5. Desta forma, os efeitos das dosagens de nicosulfuron foram menos pronunciados aos 7 e 14 DAT, para os estádios V5 e V3 das plantas de milho pipoca, sendo imperceptíveis aos 7 DAT no estágio V3.

Para os componentes de produção avaliados (Tabela 20), somente o número de plantas por metro quadrado não sofreu nenhuma influência das dosagens de nicosulfuron, comparando-se os distintos estádios de desenvolvimento da cultura. No entanto, houve redução do número de espigas por metro quadrado nas plantas submetidas à aplicação de 70 g ha⁻¹ no estágio V7 em relação ao V3. No que se refere ao comprimento de espigas, os efeitos prejudiciais das dosagens de nicosulfuron foram verificadas em todas as dosagens aplicadas. Dentro deste contexto, constatou-se que o estágio V7 teve suas espigas significativamente menores que os estádios V3 e V5 (nas dosagens de 17,5 e 70 g ha⁻¹) e V3 (na dosagem de 35 g ha⁻¹). Além disso, na dosagem de 140 g ha⁻¹, os estádios se diferenciaram entre si, sendo verificada uma maior redução do comprimento de espigas à medida que as plantas receberam o herbicida em estádios mais avançados.

Tabela 20. Componentes de produção (plantas m⁻², espigas m⁻², comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) após o tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Dosagem (g ha ⁻¹)	Componentes de produção														
	Plantas m ⁻²			Espigas m ⁻²			Comp. de espigas (cm)			Massa de 100 grãos (g)			Grãos por espiga		
	Estádio														
	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7	V3	V5	V7
0	7,33 a	7,24 a	6,86 a	7,23 a	8,55 a	8,55 a	15,59 a	14,90 a	16,26 a	14,87 a	13,34 a	14,77 a	470,09 a	528,17 a	522,28 a
17,5	7,26 a	7,65 a	7,70 a	6,25 a	7,56 a	7,90 a	16,05 a	15,65 a	13,60 b	13,42 b	14,68 ab	15,63 a	442,49 a	512,12 a	430,78 a
35	7,40 a	7,80 a	7,38 a	7,89 a	6,91 a	7,57 a	15,90 a	15,14 ab	13,51 b	13,99 b	13,84 ab	15,67 a	488,99 a	493,74 a	348,07 a
70	7,30 a	7,11 a	7,88 a	7,90 a	6,25 ab	5,26 b	16,33 a	17,02 a	13,00 b	14,91 a	15,14 a	16,35 a	547,36 a	478,71 a	297,34 b
140	6,67 a	7,54 a	7,38 a	6,58 a	4,94 a	4,60 a	16,71 a	14,36 b	12,35 c	14,20 b	15,39 ab	16,95 a	543,33 a	385,96 b	260,42 b
DMS	0,93			2,39			1,99			1,57			148,55		
CV (%)	8,86			24,25			9,25			7,36			23,13		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada componente de produção, não diferem significativamente entre si pelo teste t (p≤0,05).

A aplicação das dosagens de 17,5; 35 e 140 g ha⁻¹ de nicosulfuron aumentaram a massa de 100 grãos das plantas que receberam o herbicida no estágio V7 em detrimento do estágio V3 (Tabela 20). No que diz respeito ao número de grãos por espiga nos estádios V3 e V5, quando aplicada a dosagem de 70 g ha⁻¹, o mesmo foi significativamente maior que o das plantas pulverizadas no estágio V7. Da mesma forma, as plantas submetidas ao herbicida na dosagem de 140 g ha⁻¹ no estágio V3, apresentaram número de grãos significativamente maior que as plantas pulverizadas com o herbicida nos estádios V5 e V7.

No que se refere às curvas de dose-resposta para o efeito do nicosulfuron sobre os componentes de produção do milho-pipoca (Figura 9), foi possível ajustar modelos de regressão significativos com explicação agrônômica (Tabela 21) somente para número de espigas por metro quadrado (estádios V5 e V7), comprimento de espigas (estádio V7), massa de 100 grãos (estádio V7) e número de grãos por espiga (estádios V5 e V7). Portanto, os dados referentes a cada uma das variáveis estudadas apresentaram ajustes a modelos estatísticos de regressão distintos (Tabela 21), dependendo do comportamento dos mesmos em resposta à aplicação das dosagens de nicosulfuron.

Tabela 21. Equações de regressão em função de componentes de produção (espigas m⁻², comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) aos 7, 14 e 28 dias após o tratamento (DAT) com dosagens do herbicida nicosulfuron nos estádios V5 e V7 da cultura.

Época de avaliação (DAT)	Estádio	Modelo estatístico	F	R ²
Espigas m ⁻²	V5	$y=8,2397 \times \exp(-0,0039x)$	97,8106*	0,970
Grãos/espiga		$y=-0,9914x+531,7885$	104,5542*	0,972
Produtividade		$y=-7,6159x+2238,3862$	98,3707*	0,970
Espigas m ⁻²	V7	$y=8,5683 \times \exp(-0,0050x)$	38,6962*	0,928
Comp. espigas		$y=12,2892 \times \exp[3,5666/(x+12,7853)]$	42,5324*	0,977
Massa de 100 grãos		$y=14,8622+2,3770 \times [1-\exp(-0,0145x)]$	31,1270*	0,969
Grãos/espiga		$y=254,8211+269,8478 \times \exp(-0,0275x)$	226,1652*	0,996
Produtividade		$y=1860,7962 \times \exp(-0,0045x)$	30,4578*	0,910

* Modelo estatístico significativo a 5% de probabilidade.

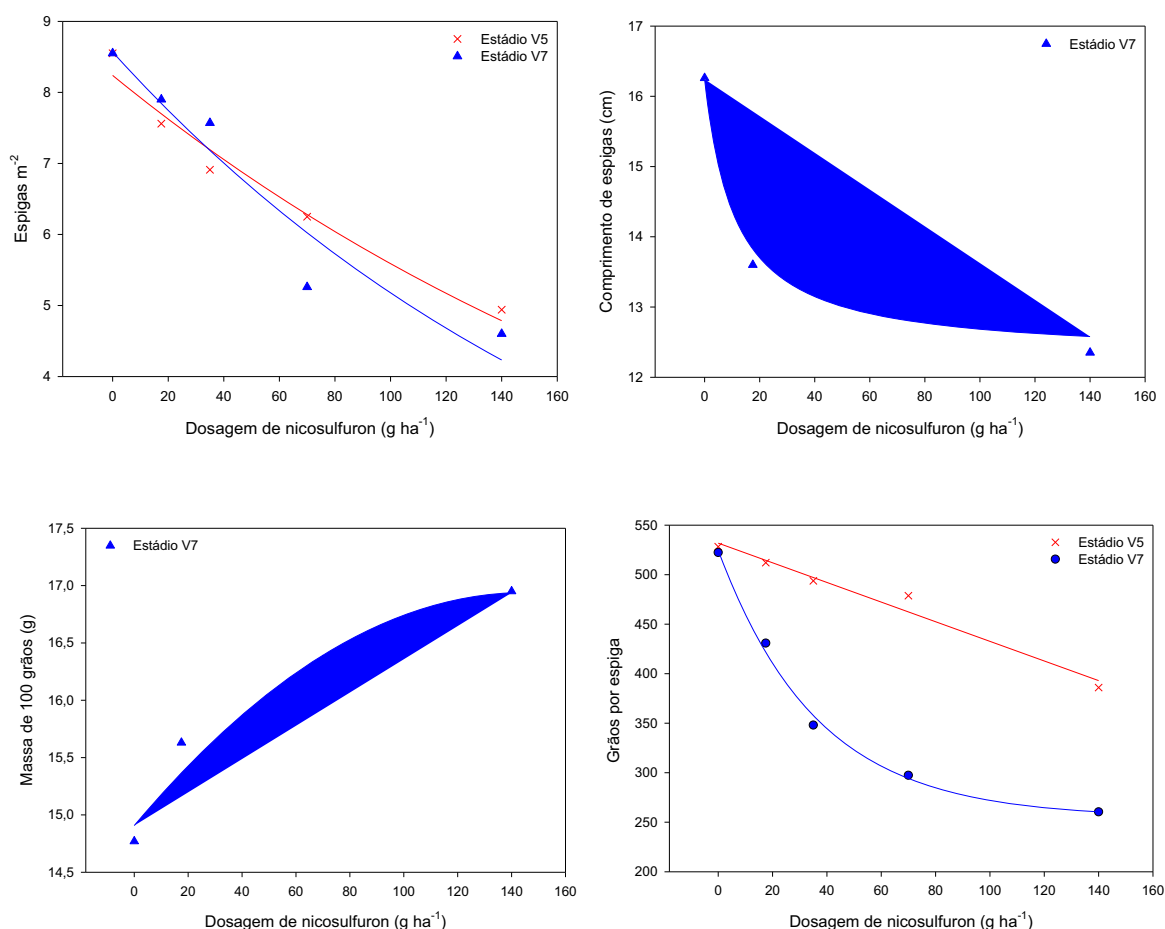


Figura 9. Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron em componentes de produção (plantas m⁻², comprimento de espigas, massa de 100 grãos e grãos por espiga) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) após o tratamento nos estádios V5 e V7 da cultura.

Desta forma, os dados referentes ao número de espigas por metro quadrado nos estádios V5 e V7, se ajustaram significativamente ao modelo exponencial com dois parâmetros descrito na tabela 21, o qual demonstra o efeito do herbicida na redução dessa variável com a aplicação das dosagens crescentes do nicosulfuron. Além disso, os dados referentes ao comprimento de espigas no estágio V7 apresentaram ajuste significativo a um modelo exponencial com três parâmetros (Tabela 21), o qual mostra o efeito substancial do nicosulfuron na supressão do crescimento das espigas.

Em relação à massa de 100 grãos do milho-pipoca, por meio de ajuste polinomial quadrático (Tabela 21) foi possível constatar o aumento dessa variável-resposta com a aplicação das dosagens crescentes do nicosulfuron no estágio V7 da cultura, o qual pode estar relacionado ao efeito do herbicida em reduzir o número de grãos por espiga (Figura 9), interferindo nas relações fonte-dreno.

Tal efeito na redução do número de grãos pelas dosagens de nicosulfuron apresentou significância tanto para o estágio V5 quanto para o V7, no entanto, para cada estágio um modelo de regressão foi mais adequado para explicar o comportamento dos dados. Assim sendo, para o estágio V5 e para o estágio V7, os modelos polinomial linear e exponencial com três parâmetros, explicaram, respectivamente, a redução do número de grãos por espiga, sendo que, no estágio V7, ocorreu o efeito foi mais pronunciado dentro do intervalo de dosagens estudado.

Finalmente, no que diz respeito à produtividade de grãos para o híbrido de milho-pipoca N III Yellow (Tabela 22), verificou-se que, quando aplicadas as dosagens de 35 e 70 g ha⁻¹ do nicosulfuron, houve superioridade do estádios V3 e V5 em comparação ao estágio V7. Entretanto, no caso da aplicação da dosagem de 17,5 g ha⁻¹, essa superioridade ocorreu apenas no estágio V5 em relação ao V7. Adicionalmente, quando aplicada a dosagem de 140 g ha⁻¹, a produtividade de grãos referente às plantas no estágio V3 foi significativamente superior às obtidas nos estádios V5 e V7.

Tabela 22. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) após o tratamento com dosagens do herbicida nicosulfuron em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Dosagem (g ha ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
	Estádio		
	V3	V5	V7
0	2.064,61 a	2.242,45 a	2.003,61 a
17,5	1.907,81 ab	2.049,22 a	1.609,35 b
35	1.941,91 a	1.948,52 a	1.498,83 b
70	1.866,65 a	1.829,91 a	1.375,67 b
140	2.130,69 a	1.122,65 b	1.043,26 b
DMS		351,40	
CV (%)		13,87	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada estágio de desenvolvimento, não diferem significativamente entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$).

No que se refere à resposta da produtividade de grãos pelo milho-pipoca quando as plantas foram submetidas ao nicosulfuron (Figura 10), esta foi significativamente afetada pelas dosagens crescentes do herbicida quando aplicadas nos estádios V5 e V7. No estágio V3 o nicosulfuron não afetou negativamente essa variável-resposta e as variações de produtividade de grãos verificadas foram consideradas como sendo devido ao acaso. Dentro deste contexto, ajustou-se o modelo polinomial linear ($R^2 = 0,97$) para os dados de produtividade de grãos no estágio V5 e um modelo exponencial com dois parâmetros ($R^2 = 0,91$) para os do estágio V7 (Tabela 21), em que ambos evidenciaram um forte efeito de redução de produtividade de grãos.

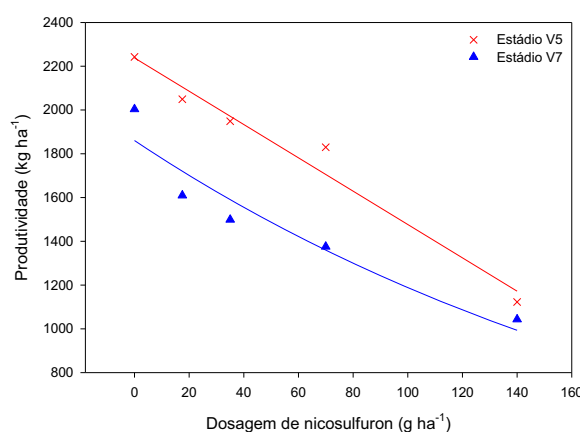


Figura 10. Efeito de dosagens crescentes de nicosulfuron na produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de milho-pipoca (híbrido N III Yellow) após o tratamento nos estádios V5 e V7 da cultura.

Essa diferença de sensibilidade das plantas ao nicosulfuron quando o mesmo é aplicado em diferentes estádios fenológicos da cultura, também foi contatada por Spader e Vidal (2001). Estes pesquisadores, por sua vez, trabalhando com o híbrido de milho AG 501 nas dosagens de 60 e 80 g ha^{-1} , indicaram que a injúria causada pelo herbicida reduziu a produtividade na ordem de 9 e 23% em relação à testemunha não tratada, quando aplicado no estágio de desenvolvimento de seis folhas expandidas, e em 17 e 26% quando aplicado no estágio de nove folhas expandidas, respectivamente.

Por outro lado, Pereira Filho et al. (2000) verificaram que os híbridos BRS 3060, BRS 3101, BRS 2114 e BRS 2110 foram tolerantes às dosagens de 50, 60 e 70 g ha⁻¹ de nicosulfuron quando aplicado nos estádios de quatro a seis folhas expandidas, não comprometendo a produtividade de grãos. Da mesma forma, Silva et al. (2005) também não constataram redução da produtividade de grãos para o híbrido P 30F80 quando submetido à dosagens crescentes de nicosulfuron (0, 10, 20, 30 e 40 g ha⁻¹) + atrazine (1200 g ha⁻¹) no estágio de quatro a cinco folhas.

De modo geral, os efeitos causados pelo nicosulfuron em termos de fitointoxicação, redução de altura e comprometimento dos componentes de produção avaliados no híbrido N III Yellow (número de espigas por metro quadrado, comprimento de espigas, massa de 100 grãos e número de grãos por espiga) podem justificar a redução de produtividade de grãos ocorrida para os estádios V5 e V7 da cultura (Figura 10). Porém, embora as plantas se recuperem dos sintomas visuais de injúria, as mesmas podem ter a sua produtividade afetada, dependendo da dosagem aplicada, do estágio de desenvolvimento das plantas e das condições climáticas no momento da aplicação (SIEGELIN, 1993). Portanto, segundo Damião Filho et al. (1996), mesmo quando os sintomas de fitointoxicação no milho não são aparentes, ainda pode ocorrer redução na produtividade final da cultura.

Contudo, diante da reconhecida eficácia do herbicida nicosulfuron em controlar, em pós-emergência, determinadas espécies de plantas daninhas em estádios avançados de desenvolvimento (Rodrigues e Almeida, 2005) e, levando em consideração que na maioria das vezes a cultura tende a apresentar-se em estágio tão desenvolvido quanto a planta daninha no momento da aplicação, pode-se concluir que, mediante os resultados apresentados, a aplicação do nicosulfuron para o híbrido de milho-pipoca N III Yellow é segura somente quando realizada no estágio V3. Desta forma, a aplicação em estádios fenológicos mais avançados pode comprometer a produtividade de grãos dependendo da dosagem utilizada.

5 CONCLUSÕES

5.1 Experimento com soja RR resistente ao herbicida glyphosate

- Independentemente da aplicação das formulações do herbicida glyphosate, a cultivar V Max RR apresentou maior acúmulo dos nutrientes N, K, Cu e Fe, assim como de matéria seca pela parte aérea das plantas, em relação a cultivar CD 225 RR;
- As formulações de glyphosate Roundup Ready[®], Roundup Ultra[®] e Zapp QI[®] não comprometeram a nutrição das plantas das cultivares CD 225 RR e V Max RR;
- As formulações Roundup Original[®] e Roundup Transorb[®] foram as que mais reduziram o acúmulo de nutrientes pelas plantas da cultivar CD 225 RR, ao contrário da cultivar V Max RR, onde as maiores reduções ocorreram para a formulação Roundup WG[®];
- Apenas as formulações de glyphosate Roundup Ready[®] e Roundup Ultra[®] não reduziram o acúmulo de matéria seca tanto das partes da planta (hastes e folhas) quanto da parte aérea total (hastes + folhas) da cultivar CD 225 RR;
- A cultivar V Max RR não apresentou nenhuma restrição quanto a utilização das formulações de glyphosate em termos de acúmulo de matérias seca;
- A maior ou menor concentração de determinado nutriente nas caldas de pulverização não necessariamente condiciona para a mesma tendência no acúmulo deste pelas plantas;

- Os resultados do estudo complementar de campo para o acúmulo de nutrientes e matéria seca pela parte aérea das plantas de soja RR realçaram a seletividade da tecnologia da formulação de glyphosate Roundup Ready® para a cultivar V Max RR, pois as diferenças observadas nos parâmetros avaliados foram visualmente insignificantes.

5.2 Experimento com milho-pipoca e o herbicida nicosulfuron

- Os híbridos de milho-pipoca A 448 White e NIII Yellow apresentaram sintomas de fitointoxicação, redução de altura, comprometimento dos componentes de produção e decréscimo de produtividade de grãos quando submetidos ao herbicida nicosulfuron;

- O nicosulfuron reduziu significativamente a produtividade de grãos do híbrido A 448 White quando aplicado no estágio V7 e do híbrido N III Yellow quando aplicado nos estádios V5 e V7;

- De forma geral, os tratamentos realizados no estágio V3 evidenciaram maior nível de tolerância em ambos os híbridos;

- O nicosulfuron pode ser usado com segurança nos estádios V3 e V5 para o híbrido A 448 White e no estágio V3 para o híbrido N III Yellow.

6 REFERÊNCIAS

BABCZINSKI, P.; ZELINSKI, T. Mode of action of herbicidal ALS-inhibitors on acetolactate synthase from green plant cell cultures, yeast and Escherichia coli. **Pesticide Science**, New York, US. v. 31, p. 305-323, 1991.

BERNARDS, M. L. et al. **Guide for weed management in Nebraska**. Nebraska Cooperative Extension. University of Nebraska Cooperative Extension. EC 01-130-D. 2009. 200 p.

BROMILOW, R. H. et al. Phloem translocation of strong acids: Glyphosate, substituted phosphonic, and sulfonic acids in Ricinus communis L. **Pesticide Science**, New York, US. v. 37, p. 39-47, 1993.

BROWN, H. M. et al. Prospects for biorational design of crop selective herbicides. **Brighton Crop Prot. Conf. -Weeds 7A**, v. 2, p. 847-856, 1991.

BROWN, H. M. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. **Pesticide Science**, New York, US. v. 29, p. 263-281, 1990.

BUZATTI, W. J. S. Seletividade de híbridos de milho aos herbicidas. **Informativo Fundação ABC**, Castro, PR. v. 2, n. 8, p. 8-10, 2000.

CAREY, J. B.; PENNER, D.; KELLS, J. J. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science**, Champaign, Illinois, US. v. 45, n. 1, p. 22-30, 1997.

CAVALIERI, S. D. et al. Tolerância de híbridos de milho ao herbicidas nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 203-214, 2008 a.

CAVALIERI, S. D. et al. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida isoxaflutole. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 901-909, 2008 b.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, décimo levantamento, março 2010 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2010. Disponível em <www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9fraos8.6.10.pdf>. Acessado em: 13 de agosto de 2010.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.

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

DAMIÃO FILHO, C. F.; MÔRO, F. V.; TAVEIRA, L. R. Respostas de híbridos de milho ao nicosulfuron. 1. Aspectos biológicos e da produção. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 3-13, 1996.

DE MARIA, N. et al. New insights on glyphosate mode of action in nodulant metabolism: role of shikimate accumulation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, Pa., US. v. 54, p. 2621-2628, 2006.

DENIS, M. H.; DELROT, S. Carrier-mediated uptake of glyphosate in broad bean (*Vicia faba*) via phosphate transporter. **Plantarum Physiology**, Copenhagen, DK. v. 87, p. 568-575, 1993.

DOOHAN, D. J. et al. Tolerance of early maturing corn (*Zea mays*) hybrids to DPX-79406. **Weed Technology**, Champaign, Ill., US. v. 12, p. 41-46, 1998.

DUKE, S. O. et al. Influence of glyphosate on uptake and translocation of calcium ion in soybean seedlings. **Weed Research**, Oxford, Inglaterra, GB v. 23, p. 133-139, 1983.

DUKE, S. O. **Herbicide Resistant Crops: Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory, and Technical Aspects**. CRC Press, Boca Raton, FL, 1996.

EBERLEIN, C. V. et al. Differential tolerance of corn genotypes to DPX-M6316. **Weed Science**, Champaign, Illinois, US. v. 37, p. 651-657, 1989.

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

FERREIRA, D.F. **Sistema de análise de variância (Sisvar). versão 4.6**. Lavras: Departamento de Ciências Exatas, 1999. (CD-ROM).

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. **Glyphosate: A Unique Global Herbicide**; ACS Monograph 189. American Chemical Society, Washington, DC, 1997.

EVANS, H. J.; SORGER, G. J. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, Calif., US. v. 17, p. 47-76, 1966.

FREAR, D. S.; SWANSON, H. E.; THALACKER, F. W. Induced microsomal oxidation of diclofop, triasulfuron, chlorsulfuron, and linuron in wheat. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, California, US. v. 41, p. 274-287, 1991.

GALLAHER, K. Absorption, translocation, and metabolism of primisulfuron and nicosulfuron in broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) and corn. **Weed Science**, Champaign, Illinois, US. v. 47, n. 1, p. 8-12, 1999.

GORDON, W.B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. **Better Crops**, Atlanta, Ga., US. v. 91, p. 12-13, 2007.

GREEN, J. M.; ULRICH, J. F. Response of corn (*Zea mays*) inbreds and hybrids to sulfonylurea herbicides. **Weed Science**, Champaign, Illinois, US. v. 41, p. 508-516, 1993.

GREEN, J. M.; ULRICH, J. F. Response of corn (*Zea mays*) inbreds and hybrids to rimsulfuron. **Pesticide Science**, New York, US. v. 40, p. 187-191, 1994.

GUBBIGA, N. G.; WORSHAM, A. D.; COBLE, H. D. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. **Weed Technology**, Champaign, Ill., US. v. 9, n. 1, p. 574-581, 1995.

HARMS, C. T. et al. Genetic and biochemical characterization of corn inbred lines tolerant to the sulfonylurea primisulfuron. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, DE. v. 80, p. 353-358, 1990.

HESS, F. D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action course**. Summaru of lectures, Purdue University, West Lafayette. p.10-23, 1994.

HUNGRIA, M. et al. Microbiologia do solo e produtividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1. 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa, 1999. p. 126-137.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: Inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, Pa., US. v. 20, p. 1195-1198, 1972.

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

KABACHNIK, M. I. Organophosphorus complexones. **Russian Chemical Reviews**, London, GB. v. 43, p. 733-744, 1974.

KAWAZAKI, E. A cultura do milho-pipoca no Brasil. **O agrônomo**, v. 53, n. 2, p. 11-13, 2001. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/new/oagronomico532/11_pipoca.pdf>. Acessado em: 14/09/2009.

KLUCAS, R. V. et al. Nickel: a micronutrient element for hydrogen-dependent growth of *Rhizobium japonicum* and for expression of urease activity in soybean leaves. **Proceedings of the National Academy Science of the United States of America**, Washington, US. v. 80, p. 2253-2257, 1983.

KREMER, R. J.; MEANS, N. E.; KIM, K. S. Glyphosate affects soybean root exudation and rhizosphere microorganisms. **International Journal Environmental Analytical Chemistry**, New York, US. v. 85, p. 1165-1174, 2005.

KREUZ, K.; FONNE-PFISTER, R. Herbicide–insecticide interaction in corn: malathion inhibits cytochrome p450-dependent primisulfuron metabolism. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, California, US. v. 43, p. 232-240, 1992.

LEE, C. D.; PENNER, D.; HAMMERSCHMIDT, R. Influence of formulated glyphosate and activator adjuvants on *Sclerotinia sclerotiorum* in glyphosate-resistant and susceptible *Glycine max*. **Weed Science**, Champaign, Illinois, US. v. 48, n. 6, p. 710-715, 2000.

LÓPEZ OVEJERO, R. F. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003. p. 47-79.

MAIER, R. J.; TRIPLETT, E. W. Toward more productive, efficient, and competitive nitrogen-fixing symbiotic bacteria. **Critical Reviews in Plant Science**, Boca Raton, Fla., US. v. 15, p. 191-234. 1996.

McMULLAN, P. M.; BLACKSHAW, R. E. Postmergence green foxtail (*Setaria viridis*) control in corn (*Zea mays*) in western Canada. **Weed Technology**, Champaign, Ill., US. v. 9, n. 1, p. 37-43, 1995.

MONKS, D. W.; JOHNSON, K. E. Sweet corn response to Accent (DPX-V9360) and Beacon (CGA 136 872). **Proc. South. Weed Sci. Soc.**, Champaign, Ill., US. v. 42, p. 155, 1989.

MONKS, D. W.; MULLINS, C. A.; JOHNSON, K. E. Response of sweet corn (*Zea mays*) to nicosulfuron and primisulfuron. **Weed Technology**, Champaign, Ill., US. v. 6, n. 1, p. 280-283, 1992.

MOORMAN, T. B. A review of pesticides on microorganisms and soil fertility. **Journal of Production Agriculture**, Madison, Wis., US. v. 2, p. 14-22, 1989.

MOORMAN, T. B. et al. Production of hydroxybenzoic acids by *Bradyrhizobium japonicum* strains after treatment with glyphosate. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, Pa., US. v. 40, n. 1, p. 289-293, 1992.

MOLIN, W. T.; HIRASE, K. Comparison of commercial glyphosate formulations for control of prickly sida, purple nutsedge, morningglory and sicklepod. **Weed Biology and Management**, v. 4, p. 136-141, 2004.

MORELAND, D. E.; CORBIN, F. T.; McFARLAND, J. E. Effects of safeners on the oxidation of multiple substrates by grain sorghum microsomes. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, California, US. v. 45, n. 1, p. 43-53, 1993.

MORIN, F. et al. Glyphosate uptake in *Catharanthus roseus* cells: Role of a phosphate transporter. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, California, US. v. 58, p. 13-22, 1997.

MOUGIN, C. et al. Interactions of various agrochemicals with cytochrome P-450-dependent monooxygenases of wheat cells. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, California, US. v. 40, p. 1-11, 1991.

MORTON, C.A.; HARVEY, R.G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, Ill., US. v. 6, n. 1, p. 91-96, 1992.

MORTON, C. A. et al. Effect of DPX-V9360 and terbufos on field and sweet corn (*Zea mays*) under three environments. **Weed Technology**, Champaign, Ill., US. v. 5, p. 130-136, 1991.

MORTON, C. A.; HARVEY, R. G. DPX-V9360 for weed control infield and sweet corn. **Proc. North Centr. Weed Control Conf.** v. 43, p. 21, 1988.

NEIGHBORS, S.; PRIVALLE, L. S. Metabolism of primisulfuron by barnyardgrass. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, California, US. v. 37, p. 145-153, 1990.

OBRIGAWITCH, T. T.; KENYON, W. H.; KURATLE, H. Effect of application timing on rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with DPX-V9360. **Weed Science**, Champaign, Illinois, US. v. 38, n. 1, p. 45-49, 1990.

OLIVEIRA JR., R. S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J. (Coord.) **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 291-314.

OLIVEIRA JR., R. S. et al. Influência do glyphosate sobre a nodulação e o crescimento de cultivares de soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 831-843, 2008.

OZTURK, L. et al. Glyphosate inhibition of ferric reductase activity in iron deficient sunflower roots. **New Phytologist**, Cambridge, Inglaterra, GB. v. 17, p. 899-906, 2008.

PADGETTE, S. R. et al. New weed control opportunities: development of glyphosate-tolerant soybeans. In: DUKE, S. O. (Ed.). **Herbicide resistant crops**. Boca Raton: CRC, 1995. p. 54-80.

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

PETERSON, M. L. et al. New simplified inhibitors of EPSP synthase: The importance of ring size for recognition at the shikimate 3-phosphate site. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**. New York, US. v. 6, n. 23, p. 2853-2858, 1996.

PLINE, W. A.; WU, J.; HATZIOS, K. K. Effects of temperature and chemicals additives on the response of transgenic herbicide-soybeans to glufosinate and glyphosate applications. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, California, US. v. 65, p. 119-131, 1999.

RAY, T. B. Site of action of chlorsulfuron: inhibition of valine and isoleucine biosynthesis. **Plantarum Physiology**, Copenhagen, DK. v. 75, p. 827-831, 1984.

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

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

RIECHERS, D. E. et al. Surfactant-increased glyphosate uptake into plasma membrane vesicles isolated from common lambsquarters leaves, **Plantarum Physiology**, Copenhagen, DK. v. 105, p. 1419-1425, 1994.

RIZZARD, M. A. et al. Ação dos herbicidas sobre o mecanismo de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: 2005. 591 p.

SANOGO, S.; YANG, X. B.; SCHERM, H. Effects of herbicide on *Fusarium solani* f. sp. *glycines* and development of sudden death syndrome in glyphosate-tolerant soybean. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 90, n. 1, p. 57-66, 2000.

SANTOS, J. B. et al. Tolerance of *Bradyrhizobium* strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, Guildford, Inglaterra, GB. v. 24, p. 543-547, 2005.

SANTOS, J. B. et al. Action of two herbicides on the microbial activity of soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris*) in conventional-till and no-till systems. **Weed Research**, Oxford, Inglaterra, GB. v. 46, p. 1-6, 2006.

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

SANTOS, J. B. et al. Efeito de formulações na absorção e translocação do glyphosate em soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 381-388, 2007b.

SHANER, D.; BRIDGES, D. **Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate)**. In: HERBICIDE action course. West Lafayette: Purdue University, p. 514-529. 2003.

SHERRICK, S. L.; HOLT, J. A.; HESS, F. D. Absorption and translocation of MON 0818 adjuvant in field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Science**, Champaign, Illinois, US. v. 34, p. 817-823, 1986.

SIEGELIN, S.D. **Timing of nicosulfuron and primisulfuron applications on corn (*Zea mays* L.) ear malformation**. West Lafayette: Purdue University, 1993. 61 f. Thesis (Master of Science) Purdue University, 1993.

SIGMAPLOT. 2008. **For windows, version 11.0**. Systat Software, 2008.

SILVA, A.A. et al. Efeitos de mistura de herbicida com inseticida sobre a cultura do milho, as plantas daninhas e a lagarta-do-cartucho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 517-525, 2005.

SPADER, V.; ANTONIAZZI, N. Avaliação da injúria causada por herbicidas em híbridos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília, DF: SBCPD, 2006. p. 289.

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 929-934, 2001.

STALL, W. M.; BEWICK, T. A. Tolerance variability among sweet corn cultivars to DPX-V9360. *Proc. South. Weed Sci. Soc.* Champaign, Ill., US. v. 43, p. 170, 1990.

STAUFFER, M. E. et al. Chemical shift mapping of shikimate-3-phosphate binding to the isolated N-terminal domain of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase. **Federation of European Biochemical Societies, Amsterdam, NL**. v. 499, p. 182-186, 2001.

STOCK, D.; HOLLOWAY, P. J. Possible mechanism for surfactant – induced foliar uptake of agrochemicals. **Pesticide Science**, New York, US. v. 38, p. 165-177, 1993.

SULLIVAN, J. O.; BOUW, W. J. Sensitivity of processing sweet corn (*Zea mays*) cultivars to nicosulfuron/rimsulfuron. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, CA v. 41, n. 1, p. 151-154, 1997.

SWEETSER, P. B., SCHOW, G. S., HUTCHENSON, J. M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, CA, v. 18, n. 1, p. 18-23, 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plantarum Physiology**, Copenhagen, DK. Sinauer Associates, Sunderland, 719 p, 1998.

UMBARGER, H. E. Regulation of amino metabolism. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, Calif., US. v. 38, p. 323-370, 1969.

VELINI, E.D. et al. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* cv. SP 71-1406). **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, SP. v. 10, p. 13-16, 1992.

WIDSTROM, N. W.; DOWLER, C. C. Sensitivity of selected field corn inbreds (*Zea mays*) to nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, Ill., US. v. 9, p.779-782, 1995.

ZIEGLER, K. E.; ASHMAN, B. Popcorn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.) **Specialty corns**. Ames: CRC Press, 1994. p. 189-223.

ZOBIOLE, L.H.S. et al. Efeito da compactação do solo e do sulfentrazone sobre a cultura da soja em duas condições de água no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 537-545, 2007.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**. The Hague, Holanda, NL v. 328, p. 57-69, 2009.

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

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. San Diego, Calif., US. v. 97, p. 182-193, 2010b.