

TOLERÂNCIA DE HÍBRIDOS DE MILHO AO HERBICIDA NICOSULFURON¹

Tolerance of Corn Hybrids to Nicosulfuron

CAVALIERI, S.D.², OLIVEIRA JUNIOR, R.S.³, CONSTANTIN, J.³, BIFFE, D.F.⁴, RIOS, F.A.⁵ e FRANCHINI, L.H.M.⁵

RESUMO - Objetivou-se com este trabalho avaliar a tolerância de híbridos de milho ao nicosulfuron e relacionar estudos de seletividade desse herbicida conduzidos em casa de vegetação com estudos desenvolvidos em campo. Em casa de vegetação, o experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 33 x 3, sendo o primeiro fator constituído por híbridos de milho e o segundo por doses do herbicida (0, 30 e 60 g ha⁻¹). Após aplicação do herbicida, avaliou-se a massa seca de parte aérea das plantas. Em campo, o experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 5 x 3, em que os fatores eram constituídos por cinco híbridos de milho, selecionados a partir dos resultados em casa de vegetação, e três doses herbicidas (0, 30 e 60 g ha⁻¹). Após aplicação do herbicida, foram avaliados o crescimento e a produtividade dos híbridos. Por meio dos resultados obtidos em casa de vegetação, foi possível agrupar os híbridos em diferentes níveis de tolerância ao herbicida. Com relação à produtividade em campo, o híbrido B 761 apresentou redução significativa (17,4%) na dose de 60 g ha⁻¹ do nicosulfuron. Ao avaliar a seletividade do nicosulfuron para híbridos de milho, é necessária a etapa de campo para verificar se os tratamentos herbicidas têm influência sobre a produtividade de grãos.

Palavras-chave: inibidores da ALS, seletividade, sulfoniluréias, *Zea mays*.

ABSTRACT - This work aimed to evaluate tolerance of the corn hybrids to nicosulfuron and to relate selectivity studies carried out under greenhouse conditions to field studies. Greenhouse experiments were carried out in a randomized block design, in a 33 x 3 factorial scheme, with the first factor being the corn hybrids and the second factor, the herbicide rates (0, 30 and 60 g ha⁻¹). The effect of the treatments was evaluated based on shoot biomass. Under field conditions, a randomized block design experiment was carried out in a factorial scheme 5 x 3 (five corn hybrids, selected from the greenhouse studies, and three herbicide rates (0, 30 and 60 g ha⁻¹). Field results were evaluated based on crop development and yield. Based on the greenhouse experiments, corn hybrids were grouped according to tolerance to nicosulfuron. In relation to crop yield in the field, nicosulfuron at 60 g ha⁻¹ decreased crop yield by 17.4% for the hybrid B 761. When evaluating nicosulfuron selectivity to corn hybrids, field stage is necessary to verify whether the herbicide treatments have influence on grain yield.

Keywords: ALS-inhibitors, selectivity, sulfonyleureas, *Zea mays*.

¹ Recebido para publicação em 22.8.2007 e na forma revisada em 27.2.2008.

Parte da dissertação do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Proteção de Plantas.; ² Eng^o Agr^o, M.Sc., doutorando em Agronomia (Agricultura) pela Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, FCA/UNESP, Caixa Postal 237, 18603-907 Botucatu-SP, <cavaliere@fca.unesp.br>; ³ Professor Associado, Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas (NAPD/UEM), Dep. de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá; ⁴ Eng^o-Agr^o, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia na área de Proteção de Plantas – NAPD/UEM; ⁵ Graduando em Agronomia – NAPD/UEM.



INTRODUÇÃO

O nicosulfuron 2-(4,6-dimetoxipirimidina-2-il-carbamoilsulfamoil)-N,N-imetilnicotinamida, do grupo químico das sulfoniluréias, é um herbicida sistêmico que se destaca dentre os principais pós-emergentes utilizados atualmente na cultura do milho, sendo usado principalmente no controle de gramíneas e algumas dicotiledôneas (Rodrigues & Almeida, 2005). Os herbicidas desse grupo inibem a acetolactato sintase (ALS), a primeira enzima comum à rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, em plantas e microrganismos (Anderson et al., 1998).

A seletividade dos herbicidas do grupo das sulfoniluréias para as culturas baseia-se nas diferentes taxas de metabolização destes pelas plantas (Obrigawitch et al., 1990; Carey et al., 1997) e na velocidade de absorção e de translocação nos vegetais. Espécies tolerantes detoxificam rapidamente esses herbicidas, transformando-os em compostos não-fitotóxicos pela ação do citocromo P450 monooxigenase, em reações de hidroxilação e glioxilação (Fonne-Pfister et al., 1990). O principal mecanismo das plantas na metabolização de sulfoniluréias parece ser a hidroxilação, que freqüentemente resulta em detoxificação do herbicida (Harms et al., 1990). No entanto, em alguns casos, reações de glicosilação são também requeridas para completar a detoxificação (Brow et al., 1991). Plantas de milho metabolizam 90% do nicosulfuron absorvido pelas folhas, enquanto plantas de *Sorghum halepense* não metabolizam o herbicida (Obrigawitch et al., 1990).

A aplicação de herbicidas em pós-emergência da cultura do milho surgiu e se fortaleceu recentemente como uma ferramenta para controle de plantas daninhas (Christoffoleti & Mendonça, 2001). Contudo, a adoção desses agroquímicos, principalmente das sulfoniluréias, requer a observação de alguns fatores, como o híbrido utilizado, o estágio fenológico da cultura no momento da aplicação e o intervalo entre a aplicação do herbicida e a do inseticida organofosforado ou da adubação nitrogenada de cobertura, que, quando negligenciados, podem interferir em sua seletividade e causar intoxicação à cultura (López Ovejero et al., 2003).

A tolerância dos híbridos de milho aos herbicidas pós-emergentes do grupo das sulfoniluréias é bastante variável, podendo ser elevada para alguns e reduzida para outros. Híbridos considerados tolerantes a esses herbicidas podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (Morton & Harvey, 1992; Gubbiga et al., 1995). Na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento (Mcmullan & Blackshaw, 1995; Spader & Vidal, 2001).

Aplicando nicosulfuron nas doses de 0, 20, 30 e 40 g ha⁻¹ no híbrido de milho P3063, no estágio até seis folhas expandidas, Buzatti (2000) 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.

Por outro lado, Spader & Vidal (2001), aplicando nicosulfuron nas doses 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, comparado ao estágio de três folhas expandidas. Em relação à produtividade, esses mesmos autores verificaram também que, na dose 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 dose de 80 g ha⁻¹, a produtividade de grãos foi afetada nos estádios de seis e nove folhas expandidas, quando comparada à aplicação no estágio de três folhas expandidas. Dessa forma, a produtividade de grãos foi dependente da dose 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.

Em estudos com milho-doce, Sullivan & Bouw (1997) verificaram que plantas tratadas com nicosulfuron na dose de 50 g ha⁻¹, aplicado 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, aplicado na dose de 35 g ha⁻¹, em oito cultivares de milho-doce, verificou-se a morte de um dos cultivares avaliados (cv. Merit), quatro semanas após a aplicação.

Segundo hipótese elaborada por Spader & 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 disponível durante as aplicações. Possivelmente, a intensa atividade fotossintética nesses estádios de desenvolvimento contribui para a elevada translocação do herbicida das folhas aos meristemas. Essa hipótese é subsidiada pelas observações de Gallaher (1999), o qual 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.

O nicosulfuron é translocado no interior dos vegetais através dos vasos do 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 & Vidal, 2001).

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 dose de 80 g ha⁻¹ de nicosulfuron, Damiano Filho et al. (1996) verificaram que a produtividade estimada dos híbridos não foi afetada pela aplicação do produto. Por outro lado, para o milho-pipoca IAC 112, Kawazaki (2001) não observou redução na produtividade da cultura quando foi manejada com nicosulfuron na dose de 24 g ha⁻¹, em mistura com atrazine. De forma análoga, Pereira Filho et al. (2000), em trabalho avaliando doses de 50, 60 e 70 g ha⁻¹ de nicosulfuron,

concluíram que o herbicida pode ser aplicado para controle de plantas daninhas em híbridos de milho BRS 3060, 3101, 2114 e 2110, sem causar danos significativos ao desenvolvimento e à produção da cultura.

Em relação à mistura de tanque entre o nicosulfuron e inseticidas organofosforados, tal interação promove, no milho, uma taxa de metabolização mais lenta do nicosulfuron, acarretando menor tolerância da planta ao herbicida (Diehl & Stoller, 1990). A ocorrência de injúrias em plantas de milho após aplicação do nicosulfuron em mistura com inseticidas tem sido atribuída à inibição da hidroxilação do nicosulfuron ou ao aumento da absorção e translocação do herbicida pelas plantas (Moreland et al., 1993).

Com base no exposto, devido à necessidade de mais informações a respeito da utilização do herbicida nicosulfuron em aplicações em pós-emergência sobre a cultura do milho, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron e relacionar estudos de seletividade desse herbicida conduzidos em casa de vegetação com estudos desenvolvidos em campo, no que se refere ao desenvolvimento e à produtividade dos híbridos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi composto por duas etapas: a primeira foi conduzida em casa de vegetação do Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas da Universidade Estadual de Maringá (NAPD/UEM), no município de Maringá, PR; e a segunda, em campo, em uma propriedade localizada a aproximadamente 2 km da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), no município de Iguatemi, PR, pertencente à Universidade Estadual de Maringá. Segundo a classificação de Köppen, o clima de ambas as localidades é do tipo CW'a, mesotérmico úmido, com chuvas de verão e de outono e verão quente.

Experimento em casa de vegetação

Foram utilizadas amostras deformadas de solo provenientes da camada de 0 a 0,20 m de profundidade de um Argissolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999) de textura areia franca, com 80% de areia, 6% de silte e 14% de argila.



A análise química apresentou pH em $H_2O = 6,4$; Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ iguais a 0,0; 2,54; 2,88; 0,62; e 0,38 $cmol_c dm^{-3}$, respectivamente; $P = 104,0 mg dm^{-3}$; e $C = 7,11 g dm^{-3}$.

As amostras foram coletadas em área com conhecido histórico de uso sob semeadura direta. Após coleta das amostras, o solo foi peneirado em malha de 2 mm, para separação de torrões, raízes e palha. O experimento foi conduzido no período de 9/9/2005 a 24/10/2005.

As unidades experimentais foram constituídas por vasos com capacidade de $5 dm^3$, onde foram semeadas cinco sementes de milho por vaso, à profundidade de aproximadamente 2 cm. A semeadura foi efetuada com sementes tratadas com imidacloprid na dose de 480 g para cada 100 kg de sementes. Após a emergência da plantas, procedeu-se ao desbaste, deixando apenas duas plantas por vaso.

Quando a maioria das plantas de milho se apresentavam com seis folhas totalmente expandidas, aplicou-se o nicosulfuron, utilizando-se pulverizador costal pressurizado com CO_2 , com pressão constante de 207 kPa, equipado com três pontas XR 110.02, espaçadas de 0,5 m entre si e posicionadas a 0,5 m da superfície do alvo, aplicando-se o equivalente a 200 $L ha^{-1}$ de calda. As condições no momento da aplicação dos tratamentos foram de céu claro, velocidade do vento inferior a $5 km h^{-1}$, solo úmido, temperatura do ar de $25 ^\circ C$ e umidade relativa de 84%.

No experimento foram avaliados 33 híbridos de milho provenientes de diferentes empresas: 2A 525, 2B 170, 2C 599, CO 32, P 30F33, P 30F90, P 30F98, A 010, A 015, A 2555, AG 7000, AG 8081, AG 8060, AG 9090, AS 1548, AS 1565, AS 1567, AS 1570, AS 1575, B 184, B 551, B 761, BRS 3003, BRS 3150, CD 304, CD 308, Ocepar 705, Fort, Garra, Maximus, Penta, Turk e SG 6418. Eles foram combinados em esquema fatorial com três doses do herbicida nicosulfuron (0, 30 e $60 g ha^{-1}$), no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, totalizando 396 unidades experimentais.

Avaliou-se a massa seca de parte aérea das plantas de cada vaso aos 14 DAA, sendo obtida a partir da colheita do material vegetal presente nos vasos, com posterior secagem em estufa a $70 ^\circ C$ por 48 horas. A avaliação de massa seca foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação dos valores obtidos

nos tratamentos herbicidas com os valores da testemunha (dose de $0 g ha^{-1}$), considerada 100%.

Os dados foram submetidos aos testes de Levene e Shapiro-Wilk com o objetivo de avaliar a variância e a normalidade dos erros, empregando-se o programa estatístico SAS (SAS, 1999). Para análise dos dados, utilizou-se análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1999).

Experimento em campo

O solo da área experimental foi identificado como Argissolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999) de textura franco-arenosa com 69% de areia, 8% de silte e 23% de argila. A análise química apresentou pH em $H_2O = 5,8$; Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ iguais a 0,0; 3,68; 3,91; 1,95; e 0,40 $cmol_c dm^{-3}$, respectivamente; $P = 3,0 mg dm^{-3}$; e $C = 6,97 g dm^{-3}$.

Antes da instalação dos experimentos, as plantas daninhas presentes na área foram manejadas com dessecações seqüenciais, visando a semeadura no limpo. A primeira aplicação foi realizada com a mistura de $720 g ha^{-1}$ de glyphosate + $24 g ha^{-1}$ de carfentrazone-ethyl, 20 dias antes da semeadura, e a segunda aplicação, com $400 g ha^{-1}$ de paraquat, no dia da semeadura. Como o interesse era estudar apenas a seletividade dos tratamentos herbicidas para os híbridos em questão, as plantas daninhas que emergiram posteriormente foram eliminadas através de capinas manuais, independentemente do controle proporcionado pelo herbicida.

A semeadura foi realizada no dia 25 de novembro de 2005, em sistema de semeadura direta; imediatamente antes da sua realização, foram formados sulcos espaçados de 0,90 m entre si através da utilização de uma semeadora, os quais receberam o equivalente a $300 kg ha^{-1}$ do adubo formulado 08-20-20. Nos sulcos, foram semeadas manualmente seis sementes de milho por metro, a uma profundidade de 2 a 5 cm. Cada unidade experimental foi constituída por seis linhas de 5 m de comprimento, perfazendo uma área de $30 m^2$, sendo, porém, consideradas como área útil as quatro linhas centrais, descontado 0,5 m de

cada extremidade (14,4 m²). A emergência do milho teve início cinco dias após a semeadura, no dia 30 de novembro de 2005.

Quando a maioria das plantas de milho se apresentou com três folhas expandidas, realizou-se uma adubação de cobertura, aplicando-se 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (uréia). Foi observado intervalo de sete dias entre a adubação de cobertura nitrogenada e a aplicação do herbicida nicosulfuron e evitou-se a aplicação de inseticidas organofosforados para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). No controle desta praga, utilizaram-se aplicações dos inseticidas cipermetrina e lambdacialotrina nas doses de 16,25 e 7,5 g ha⁻¹, respectivamente, quatro vezes durante o ciclo, sendo a primeira aplicação feita com cipermetrina e as demais com lambdacialotrina.

O herbicida nicosulfuron foi aplicado com pulverizador costal pressurizado com CO₂, nas mesmas condições operacionais do experimento anterior, com o isolamento de cada parcela com cortinas plásticas no momento da aplicação. A aplicação foi feita quando as plantas de milho se encontravam no estágio de quatro a seis folhas expandidas, estando a maioria com seis folhas, aos 19 dias após a emergência (DAE). As condições no momento da aplicação dos tratamentos foram de céu claro, velocidade do vento inferior a 5 km h⁻¹, solo úmido, temperatura do ar de 23 °C e umidade relativa de 83%.

Para compor os tratamentos avaliados no campo, foram utilizados cinco híbridos de milho escolhidos previamente a partir dos resultados de casa de vegetação, com diferentes níveis de sensibilidade ao herbicida nicosulfuron. Eles foram divididos em dois grupos, considerando o acúmulo de massa seca após aplicação do herbicida: o primeiro, de maior sensibilidade, composto pelo híbrido Ocepar 705; e o segundo, de sensibilidade intermediária, composto pelos híbridos AG 7000, B 551, B 761 e Penta.

O experimento foi montado seguindo um esquema fatorial 5x3, composto por cinco híbridos de milho (B551, B761, Ocepar 705, Penta e AG 7000), combinados com três doses do herbicida nicosulfuron (0, 30 e 60 g ha⁻¹), sendo a primeira considerada testemunha, no delineamento em blocos ao acaso com seis repetições, totalizando 90 unidades experimentais.

As avaliações foram constituídas pela fitointoxicação das plantas através de escala EWRC modificada (Frans, 1972) aos 7, 14 e 21 DAA, descrita na Tabela 1; pela altura média das plantas de milho aos 7 e 14 DAA, medindo-se dez plantas por parcela, do nível do solo até a inserção da lígula da última folha expandida; pelo número de espigas por hectare, determinado por ocasião da colheita; e pela produtividade, corrigida para 14% de umidade. No cálculo da umidade dos grãos foi utilizado um valor médio de quatro avaliações de umidade por parcela, utilizando a seguinte fórmula: $U(\%) = [(MU - MS)/MU] \times 100$, em que U(%) é a umidade em porcentagem; MU, a massa dos grãos úmidos; e MS, a massa dos grãos secos. A colheita foi feita em 6 de abril de 2006. As espigas foram despalhadas manualmente e debulhadas mecanicamente.

Tabela 1 - Índice de avaliação e sua descrição de fitointoxicação, segundo escala EWRC modificada

Índice de avaliação	Descrição de fitointoxicação
1	Nula
2	Leve
3	Média
4	Forte
5	Severa

Fonte: Frans (2001).

Os dados foram submetidos aos testes de Levene e Shapiro-Wilk, com o objetivo de avaliar a variância e a normalidade dos erros, utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS, 1999). Na análise dos dados empregou-se análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento em casa de vegetação

A massa seca de parte aérea das plantas, obtida aos 14 DAA (Tabela 2), mostra que os híbridos AG 7000, AG 8021, AS 1570, B 551, B 761, BRS 3150, CD 308, CO 32, Maximus, Ocepar 705 e Tork, quando comparados com suas respectivas testemunhas sem herbicida, apresentaram reduções significativas no crescimento em ambas as doses herbicidas estudadas, sendo essas reduções maiores na dose



Tabela 2 - Produção de massa seca de parte aérea relativa (%) em relação à testemunha das plantas de híbridos de milho submetidos ao herbicida nicosulfuron aos 14 dias após aplicação (DAA), em casa de vegetação. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2007

Híbrido	Dose (g ha ⁻¹)		
	0	30	60
2A 525	100,0 Aa	98,29 Aa	97,08 Aa
2B 170	100,0 Aa	96,98 Aa	76,74 Bc
2C 599	100,0 Aa	96,43 Aa	100,0 Aa
P 30F33	100,0 Aa	93,07 Aa	95,29 Aa
P 30F90	100,0 Aa	97,50 Aa	93,81 Aa
P 30F98	100,0 Aa	95,46 Aa	99,75 Aa
A 010	100,0 Aa	96,52 Aa	94,31 Aa
A 015	100,0 Aa	100,0 Aa	90,35 Ab
A 2555	100,0 Aa	91,25 Aa	78,21 Bc
AG 7000	100,0 Aa	89,65 Ba	77,81 Cc
AG 8021	100,0 Aa	89,82 Ba	81,58 Bc
AG 8060	100,0 Aa	100,0 Aa	98,14 Aa
AG 9090	100,0 Aa	93,60 Aa	85,91 Bb
AS 1548	100,0 Aa	91,79 Aa	94,23 Aa
AS 1565	100,0 Aa	90,04 Aa	91,56 Aa
AS 1567	100,0 Aa	95,81 Aa	95,15 Aa
AS 1570	100,0 Aa	87,62 Ba	86,05 Bb
AS 1575	100,0 Aa	93,22 Aa	76,47 Bc
B 184	100,0 Aa	98,91 Aa	75,81 Bc
B 551	100,0 Aa	81,30 Bb	76,60 Bc
B 761	100,0 Aa	83,75 Bb	70,22 Cc
BRS 3003	100,0 Aa	90,45 Aa	93,93 Aa
BRS 3150	100,0 Aa	79,50 Bb	87,33 Bb
CD 304	100,0 Aa	100,0 Aa	93,18 Aa
CD 308	100,0 Aa	69,24 Bc	54,53 Cd
CO 32	100,0 Aa	85,20 Bb	89,55 Bb
Fort	100,0 Aa	93,98 Aa	84,35 Bb
Garra	100,0 Aa	98,07 Aa	97,64 Aa
Maximus	100,0 Aa	83,47 Bb	72,72 Cc
Ocepar 705	100,0 Aa	76,59 Bc	63,21 Cd
Penta	100,0 Aa	94,97 Aa	73,51 Bc
SG 6418	100,0 Aa	93,09 Aa	84,52 Bb
Tork	100,0 Aa	89,12 Ba	80,56 Bc
CV (%) = 7,48			

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

de 60 g ha⁻¹ para os híbridos AG 7000, B 761, CD 308, Maximus e Ocepar 705. No entanto, além dos híbridos citados, os híbridos 2B 170, A 015, AG 9090, B 184 e Penta também apresentaram reduções significativas de massa seca, porém somente na dose de 60 g ha⁻¹.

O teste de Scott-Knott permitiu o agrupamento de médias semelhantes para tal variável-resposta. Assim, na dose de 30 g ha⁻¹, foram formados três grupos em ordem decrescente de sensibilidade: o primeiro, composto pelos híbridos CD 308 e Ocepar 705, que apresentou reduções de massa seca de parte aérea de 30,76 e 23,41%, respectivamente; o segundo, composto pelos híbridos B 551, B 761, BRS 3150, CO 32 e Maximus, com reduções entre 14,80 e 20,50%; e o terceiro, composto pelos híbridos 2A 525, 2B 170, 2C 599, P 30F33, P 30F90, P 30F98, A 010, A 015, A 2555, AG 7000, AG 8021, AG 8060, AG 9090, AS 1548, AS 1565, AS 1567, AS 1570, AS 1575, B 184, BRS 3003, CD 304, Fort, Garra, Penta e SG 6418, com reduções ≤ 12,38%. Na dose de 60 g ha⁻¹, foram formados quatro grupos, também em ordem decrescente de sensibilidade: o primeiro, composto também pelos híbridos CD 308 e Ocepar 705, que apresentaram reduções de massa seca de parte aérea de 45,47 e 36,79%, respectivamente; o segundo, composto pelos híbridos 2B 170, A 2555, AG 7000, AG 8021, AS 1575, B 184, B 551, B 761, Maximus, Penta e Turk, com reduções entre 18,42 e 27,28%; o terceiro, composto pelos híbridos A 015, AG 9090, AS 1570, BRS 3150, CO 32, Fort e SG 6418, com reduções entre 9,65 e 15,65%; e o quarto, composto pelos híbridos 2A 525, P 30F33, P 30F90, P 30F98, A 010, AG 8060, AS 1548, AS 1565, AS 1567, BRS 3003, CD 304 e Garra, com reduções ≤ 8,44%.

Dessa forma, nas condições em que o experimento foi conduzido, mediante análise do teste de agrupamento feito para cada uma das doses, podem-se classificar os híbridos como: de maior sensibilidade, por serem os mais sensíveis em ambas as doses estudadas, compostos pelos híbridos CD 308 e Ocepar 705; de menor sensibilidade, que em ambas as doses destacaram-se como os mais tolerantes se comparados aos demais, compostos pelos híbridos 2A 525, 2C 599, P 30F33, P 30F90, P 30F98, A 010, AG 8060, AS 1548, AS 1565, AS 1567, BRS 3003, CD 304 e Garra; e de

sensibilidade intermediária, compreendendo os demais, compostos pelos híbridos B 551, B 761, BRS 3150, CO 32, Maximus, Turk, SG 6418, Penta, Fort, B184, AS 1575, AS 1570, AG 9090, AG 8021, AG 7000, A 2555, A 015 e 2B 170.

Experimento em campo

Os sintomas de fitointoxicação observados no milho, de modo geral, foram de clorose e enrugamento das lâminas das folhas novas em expansão poucos dias após aplicação do nicosulfuron. Mais tardiamente, com a expansão das lâminas foliares, os sintomas passaram para a parte central da lâmina em forma de manchas e, posteriormente, em alguns casos, estrangulamento e enrolamento das extremidades. Esses sintomas estão de acordo com os observados por Môro & Damião Filho (1999), que aplicaram nicosulfuron na dose de 80 g ha⁻¹ em híbridos de milho quando as plantas se encontravam com cinco a seis folhas e altura de aproximadamente 25 cm.

Os dados de fitointoxicação (Figura 1) mostram que aos 7, 14 e 21 DAA somente o híbrido B 761 apresentou índices que variaram de 3 a 5 (médio a severo) na dose de 30 g ha⁻¹. Na dose de 60 g ha⁻¹ o efeito foi mais acentuado, sendo observados índices de fitointoxicação de 3 a 5 para os híbridos OC 705, B 761 e AG 7000 em todas as avaliações, exceto para o híbrido AG 7000, que, na avaliação aos 14 DAA, apresentou índices de fitointoxicação inferiores a 3 (médio). No que se refere aos híbridos Penta e B 551, em qualquer uma das avaliações, observaram-se índices de fitointoxicação inferiores a 3 (médio).

Analisando-se os sintomas de fitointoxicação no decorrer das avaliações, na dose de 30 g ha⁻¹, os híbridos B 551, Ocepar 705 e AG 7000 apresentaram pequena recuperação nas avaliações realizadas aos 14 e 21 DAA, em relação aos 7 DAA. No entanto, para o híbrido Penta, os sintomas foram nulos em todas as avaliações, e o híbrido B 761 foi o único que mostrou avanço na fitointoxicação nas avaliações seguintes.

Entretanto, quando os híbridos foram submetidos à dose de 60 g ha⁻¹, para os híbridos B 551, Ocepar 705 e AG 7000, os sintomas observados nas avaliações realizadas aos 14 e



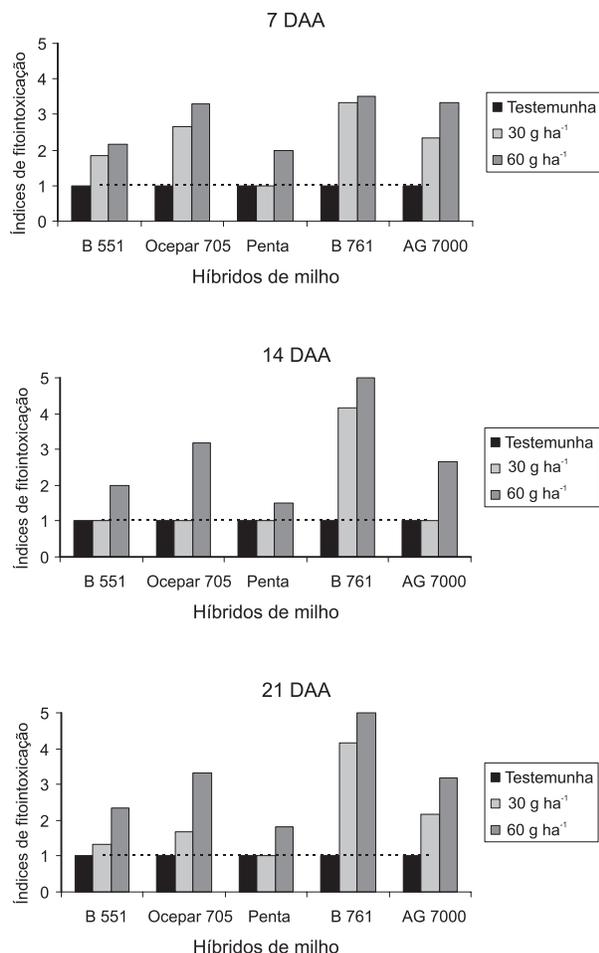


Figura 1 - Índices de fitointoxicação, segundo escala EWRC modificada, em três épocas de avaliação, de híbridos de milho submetidos à aplicação do herbicida nicosulfuron em condições de campo. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2007.

21 DAA foram praticamente os mesmos da primeira avaliação, o que não aconteceu com o híbrido Penta, o qual mostrou tendência de recuperação. Contudo, de forma semelhante à que ocorreu para a dose de 30 g ha⁻¹, o híbrido B 761, na dose de 60 g ha⁻¹, apresentou sintomas mais marcantes de fitointoxicação nas avaliações seguintes, se comparadas à primeira avaliação.

Esses resultados indicam que a permanência ou desaparecimento dos sintomas de fitointoxicação dos híbridos pode estar relacionada ao maior ou menor grau de sensibilidade destes quando submetidos às doses estudadas. Isso concorda, em parte, com os resultados obtidos por López Ovejero et al. (2003), que

observaram, para o híbrido P 3027, efeitos muito leves de fitointoxicação quando se aplicou a dose de 52 g ha⁻¹ de nicosulfuron no estágio de quatro e oito folhas expandidas, bem como sintomas de fitointoxicação, aos três dias após aplicação, para a dose de 40 g ha⁻¹, que desapareceram aos 7 DAA.

Resultados semelhantes foram também observados por Pereira Filho et al. (2000), que, ao avaliarem a tolerância dos híbridos BRS 3060, BRS 3101, BRS 2114 e BRS 2110 às doses de 50, 60 e 70 g ha⁻¹ de nicosulfuron aos 7, 14 e 21 dias após o plantio (DAP), verificaram que nenhum dos híbridos apresentou sintomas de fitointoxicação nas três épocas de avaliação na dose de 50 g ha⁻¹. Entretanto, com relação à dose de 60 g ha⁻¹, observou-se que apenas na primeira avaliação os híbridos BRS 3060 e 2114 mostraram sintomas de fitointoxicação muito leves. Nas épocas seguintes, ainda na dose de 60 g ha⁻¹, não foi observado efeito fitotóxico em nenhum dos híbridos estudados. Os híbridos BRS 3060, BRS 3101 e BRS 2114 apresentaram fitointoxicação muito leve na dose de 70 g ha⁻¹ na primeira avaliação, aos 7 DAP. Nas avaliações feitas aos 14 e 21 DAP, somente o BRS 3060 permaneceu com sintomas de fitointoxicação muito leves; nos demais não foram observados sintomas de fitointoxicação.

Com relação à altura das plantas (Tabela 3), na dose de 30 g ha⁻¹, foi constatado efeito significativo de redução, se comparado à testemunha sem herbicida, somente para o híbrido B 761 aos 7 DAA, que não foi constatado na avaliação seguinte (14 DAA). Para este híbrido, à medida que se aumentou a dose de herbicida, houve redução significativa de altura. Já na dose de 60 g ha⁻¹, aos 7 DAA, os híbridos B 551, Ocepar 705, B 761 e AG 7000 apresentaram redução significativa de altura, que se observou somente para o híbrido B 761 aos 14 DAA, indicando novamente a recuperação dos demais híbridos na avaliação seguinte.

Damião Filho et al. (1996) estudaram o efeito da dose de 80 g ha⁻¹ de nicosulfuron sobre a altura de híbridos de milho no campo. Observou-se que, aos 47 dias após plantio (DAP), os híbridos AG 106, BR 201, 92HD1QPM e CMS mostraram redução de altura; por ocasião do florescimento, o híbrido AG 106 diferiu em altura de sua testemunha, ao

Tabela 3 - Altura das plantas (cm), em duas épocas de avaliação, de híbridos de milho submetidos à aplicação do herbicida nicosulfuron em condições de campo. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2007

Época (DAA)	Híbrido	Dose (g ha ⁻¹)		
		0	30	60
7	B 551	41,17 A	37,00 AB	36,67 B
	Ocepar 705	32,83 A	32,17 AB	28,17 B
	Penta	31,83 A	34,50 A	31,83 A
	B 761	33,33 A	28,50 B	23,50 C
	AG 7000	31,67 A	29,50 A	23,50 B
CV (%) = 9,88				
DMS = 4,34				
14	B 551	70,33 A	70,83 A	69,33 A
	Ocepar 705	59,00 A	63,33 A	55,83 A
	Penta	54,83 A	60,50 A	62,83 A
	B 761	57,83 A	57,67 A	44,67 B
	AG 7000	51,50 A	59,00 A	51,67 A
CV (%) = 11,16				
DMS = 9,15				

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

contrário dos híbridos BR 201, 92HD1QPM e CMS, que igualaram as alturas com as 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.

Entretanto, Spader & Vidal (2001), estudando a seletividade de nicosulfuron aspergido em diferentes estádios fenológicos do híbrido AG 501 nas doses de 60 e 80 g ha⁻¹, não observaram efeito na variável estatura de planta. Resultados semelhantes foram observados por Spader & Antoniazzi (2006), que, avaliando o efeito da dose de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron aplicado sobre 15 híbridos de milho: 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, não constataram efeitos negativos sobre a altura das plantas em decorrência do tratamento herbicida.

Com relação ao número de espigas por hectare (Tabela 4) e produtividade (Tabela 5), em ambas as variáveis-respostas na dose de 60 g ha⁻¹ o híbrido B 761 mostrou redução em relação à testemunha. Damiano Filho et al. (1996), após aplicação de 80 g ha⁻¹ de nicosulfu-

ron, também constataram efeito de redução de número de espigas por unidade de área para os híbridos 92HD1QPM e HT 2X; contudo, verificaram que apenas o híbrido HT 2X teve seu potencial produtivo reduzido significativamente. López-Ovejero et al. (2003), de forma semelhante, constataram redução de produtividade para o híbrido P 3027 na dose de 52 g ha⁻¹ de nicosulfuron aplicada em plantas com quatro folhas expandidas. Spader & 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 dose de 60 g ha⁻¹ de nicosulfuron no estágio de seis folhas expandidas. Da mesma forma, Spader & Vidal (2001) indicaram que a injúria causada pelo nicosulfuron, nas doses de 60 e 80 g ha⁻¹, reduziu a produtividade de grãos do híbrido AG 501 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



Tabela 4 - Número de espigas por hectare por ocasião da colheita de híbridos de milho submetidos à aplicação do herbicida nicosulfuron em condições de campo. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2007

Híbrido	Dose (g ha ⁻¹)		
	0	30	60
B 551	51.736 A	49.424 A	51.965 A
Ocepar 705	49.882 A	52.896 A	48.958 A
Penta	54.285 A	52.549 A	53.243 A
B 761	52.660 A	46.181 AB	40.389 B
AG 7000	51.965 A	50.000 A	50.465 A
CV (%) = 10,01			
DMS = 6,979			

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

Tabela 5 - Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de milho por ocasião da colheita de híbridos submetidos à aplicação do herbicida nicosulfuron em condições de campo. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2007

Híbrido	Dose (g ha ⁻¹)		
	0	30	60
B 551	5.928 A	5.587 A	5.817 A
Ocepar 705	5.156 A	5.302 A	5.230 A
Penta	6.513 A	6.765 A	6.485 A
B 761	6.319 A	5.530 AB	5.217 B
AG 7000	6.420 A	6.402 A	6.064 A
CV (%) = 11,05			
DMS = 904			

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

doses de 50, 60 e 70 g ha⁻¹ de nicosulfuron, não comprometendo a produtividade de grãos. Silva et al. (2005) também não constataram redução da produtividade de grãos para o híbrido P30F80 quando submetido a doses crescentes de nicosulfuron (0, 10, 20, 30 e 40 g ha⁻¹) + atrazine (1.200 g ha⁻¹).

De modo geral, levando em consideração o efeito dos tratamentos herbicidas sobre a produtividade de grãos, as injúrias observadas nos híbridos B 551, Ocepar 705, Penta e AG 7000 (sintomas visuais de fitointoxicação e redução de altura) não resultaram em efeitos que posteriormente pudessem comprometer a produtividade de grãos (Tabela 5). Isso confirma os resultados observados na literatura: as plantas de milho apresentam mecanismos de detoxificação para este herbicida, recuperando-se progressivamente no decorrer do tempo, após a aplicação (Obrigawitch et al., 1990; Carey et al., 1997). No entanto, embora as plantas

de milho se recuperem dos sintomas visuais de injúria, alguns híbridos podem ter a sua produtividade afetada, dependendo da dose aplicada, do estágio de desenvolvimento das plantas e das condições climáticas no momento da aplicação (Siegelin, 1993). Contudo, segundo Damiano Filho et al. (1996), mesmo quando os sintomas de fitointoxicação no milho não são aparentes, ainda pode ocorrer redução na produtividade final da cultura.

No caso do híbrido Penta, nas condições em que foi conduzido este trabalho, exceto para a dose de 60 g ha⁻¹, que proporcionou às plantas de milho no máximo sintomas visuais leves de fitointoxicação (Figura 1), em nenhuma das outras avaliações houve prejuízos em decorrência da aplicação das doses herbicidas, indicando um alto grau de tolerância deste híbrido quando submetido ao nicosulfuron.

Com relação ao híbrido B 761, único que apresentou redução de produtividade em decorrência da aplicação do herbicida nicosulfuron (Tabela 5), particularmente na dose de 60 g ha⁻¹, os maiores índices de fitointoxicação em relação aos outros híbridos (Figura 1), o efeito acentuado sobre a altura das plantas se prolongando até a última avaliação (Tabela 3) e a redução do número de espigas por hectare (Tabela 4) contribuíram para a queda de produtividade verificada no final do ciclo da cultura, estimada em 17,4%.

Comparando os resultados de massa seca de parte aérea obtidos em casa de vegetação com os resultados de produtividade em campo, pode-se dizer que este trabalho teve importância no sentido de mostrar que experimentos de seletividade conduzidos em casa de vegetação não apresentam os mesmos resultados de um experimento conduzido em campo. Nesse contexto, dos híbridos utilizados no experimento em campo, o Ocepar 705, considerado de maior sensibilidade em casa de vegetação, não apresentou queda de produtividade para as mesmas doses herbicidas estudadas. Da mesma forma, o híbrido B 761, considerado de sensibilidade intermediária em casa de vegetação, foi o único que mostrou queda de produtividade no campo, observada somente na dose de 60 g ha⁻¹.

Assim, conclui-se que, ao avaliar a seletividade do nicosulfuron para híbridos de milho, é necessária a etapa de campo para verificar

se os tratamentos herbicidas têm influência sobre a produtividade de grãos.

LITERATURA CITADA

ANDERSON, D. D. et al. Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Sci.**, v. 46, n. 1, p. 158-162, 1998.

BROW, H. M. et al. Prospects for the biorational design of crop selective herbicides. **Br. Crop Prot. Conf. – Weeds**, 7A-2: p. 847-856, 1991.

BUZATTI, W. J. S. Seletividade de híbridos de milho aos herbicidas. **Inf. Fundação ABC**, 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 Sci.**, v. 45, n. 1, p. 22-30, 1997.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; MENDONÇA, C. G. Controle de plantas daninhas na cultura de milho: enfoque atual. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Coords.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001. p. 60-95.

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**, v. 14, n. 1, p. 3-13, 1996.

DIEHL, K. E.; STOLLER, E. W. Interaction of organophosphate insecticides with nicosulfuron and primisulfuron in corn. **Proc. North Cent. Weed Sci.**, v. 45, p.31-32, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

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

FONNE-PFISTER, R. et al. Hydroxylation of primisulfuron by inducible cytochrome P450 dependent monooxygenase system from maize. **Pest. Biochem. Physiol.**, v. 37, n. 1, p. 165-173, 1990.

FRANS, R. W. Measuring plant response. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Research methods in weed science**. Puerto Rico: Weed Science Society of America, Southern Weed Science Society, 1972. p. 28-41.

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

GUBBIGA, N. G.; WORSHAM, A. D.; COBLE, H. D. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. **Weed Technol.**, v. 9, n. 1, p. 3574-3581, 1995.

HARMS, C. T. et al. Genetic and biochemical characterization of corn inbred lines tolerant to the sulfonyleurea primisulfuron. **Theor. Appl. Genetics**, v. 80, p. 353-358, 1990.

KAWAZAKI, E. A cultura do milho pipoca no Brasil. **Agrônomo**, v. 53, n. 2, p. 11-13, 2001. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/new/oagronomico532/11_pipoca.pdf>. Acesso em: 06/05/2007.

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.

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

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

MORELAND, D. E.; CORBIN, F. T.; McFARLAND, J. E. Effects of safeners on the oxidation of multiple substrates by grain sorghum microsomes. **Pest. Biochem. Physiol.**, v. 45, n. 1, p. 43-53, 1993.

MÔRO, F. V.; DAMIÃO FILHO, C. F. Alterações morfo-anatômicas das folhas de milho submetidas à aplicação de nicosulfuron. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 331-337, 1999.

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

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

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



RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: 2005. 592 p.

SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System Institute. **Procedure guide for personal computers**. Version 5. Cary: 1999.

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, West Lafayette, 1993.

SILVA, A. A. et al. Efeito de mistura de herbicida com inseticida sobre a cultura do milho, as plantas daninhas e a lagarta-do-cartucho. **Planta Daninha**, 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: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 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. **Ci. Rural**, v. 31, n. 6, p. 929-934, 2001.

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

