

## Contrastes entre procedências de híbridos de milho em relação à suscetibilidade aos herbicidas nicosulfuron e isoxaflutole

### Contrasts among origins of corn hybrids in relation to their susceptibility to nicosulfuron and isoxaflutole herbicides

Sidnei Douglas Cavalieri<sup>1\*</sup>; Rubem Silvério de Oliveira Junior<sup>2</sup>;  
Jamil Constantin<sup>2</sup>; Denis Fernando Biffe<sup>3</sup>; Diego Gonçalves Alonso<sup>3</sup>;  
João Guilherme Zanetti de Arantes<sup>3</sup>; Rosecler Saete Canossa<sup>4</sup>

#### Resumo

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, sendo considerada uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da procedência de híbridos de milho em relação à suscetibilidade aos herbicidas nicosulfuron e isoxaflutole. O estudo envolveu dois experimentos, um com nicosulfuron no período de 09/09/05 a 24/10/05 e outro com isoxaflutole no período de 09/10/04 a 10/11/04, ambos realizados em casa-de-vegetação. Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial de 33x3 para o nicosulfuron e 23x3 para o isoxaflutole, com quatro repetições, sendo que o primeiro fator constituído por híbridos de milho e o segundo por dosagens dos herbicidas. Após a aplicação do herbicida, avaliou-se a massa seca de parte aérea das plantas. Existem diferenças de tolerância entre procedências de híbridos de milho em relação à suscetibilidade aos herbicidas nicosulfuron e isoxaflutole. Constatou-se que, em média, as procedências Balu e Coodetec foram mais sensíveis ao nicosulfuron do que as demais procedências. Na dosagem de 120 g ha<sup>-1</sup> de isoxaflutole, em média, a procedência Balu mostrou-se mais tolerante que a Embrapa.

**Palavras-chave:** Seletividade, tolerância, sulfoniluréias, isoxazoles

#### Abstract

Herbicide selectivity is the basis for successful weed chemical control in agricultural production, as it is considered as a measurement of the differential response of different plant species to a certain herbicide. The objective of this work was to evaluate the effect of the origin of corn hybrid in relation to its susceptibility to the herbicides nicosulfuron and isoxaflutole. The research was conducted in greenhouse conditions and comprised two experiments, being the first one with nicosulfuron (09/09/2005 to 10/24/2005) and another one with isoxaflutole (10/09/04 to 11/10/04). Both experiments were run in a randomized blocks design, in a factorial scheme 33x3 for nicosulfuron and 23x3 for isoxaflutole, with four replicates. The first factor was constituted by corn hybrids and the second one by herbicide rates.

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, D.Sc. Pesquisador da Embrapa Hortaliças – Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPq). E-mail: cavalieri@cnph.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, D.Sc. Professor Associado, Coordenador do Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas, NAPD/UEM, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, UEM. Bolsista CNPq. E-mail: rsojunior@uem.br; constant@teracom.com.br

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Proteção de Plantas), NAPD/UEM, Bolsista Capes e CNPq. E-mail: biffeagro@hotmail.com; alonsodg07@hotmail.com; jgza2004@hotmail.com

<sup>4</sup> Professora Visitante da Faculdade de Sinop, FASIP. E-mail: r\_canossa@hotmail.com

\* Autor para correspondência

After herbicide spraying, shoot dry biomass was evaluated. It was concluded that origins of corn hybrids affects the susceptibility to the herbicides nicosulfuron and isoxaflutole. In average, Balu and Codetec hybrids were the most sensitive to nicosulfuron. For isoxaflutole applied at 120 g ha<sup>-1</sup> Balu hybrids were more tolerant than Embrapa hybrids.

**Key words:** Selectivity, tolerance, sulfonilureas, isoxasoles

## Introdução

O nicosulfuron é um herbicida sistêmico pertencente ao grupo químico das sulfoniluréias, que se destaca entre os principais pós-emergentes utilizados na cultura do milho, principalmente para o controle de gramíneas e algumas dicotiledôneas anuais (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Os herbicidas deste 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 dos mesmos pelas plantas (CAREY; PENNER; KELLS, 1997) e na velocidade de absorção e translocação. Espécies tolerantes detoxificam rapidamente estes herbicidas, transformando-os em compostos não fitotóxicos pela ação do citocromo P450 monooxigenase, em reações de hidroxilação e glioxilação (FONNEPFISTER 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).

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 estes herbicidas podem apresentar sensibilidade diferenciada, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dosagem utilizada (GUBBIGA; WORSHAM; COBLE, 1995).

O isoxaflutole pertence ao grupo químico dos isoxasoles, sendo considerado um pró-herbicida, uma vez que no solo, água e planta é rapidamente convertido ao metabólito diquetonitrila, que é a molécula biologicamente ativa no controle de plantas daninhas (CEZARINO, 1997).

A grande responsável pela seletividade do isoxaflutole em espécies tolerantes, tais como o milho e a cana-de-açúcar, é a capacidade de metabolizar rapidamente o isoxaflutole para diquetonitrila e, principalmente, deste para ácido benzóico, que não possui ação herbicida, e, ao final do processo, para gás carbônico (PALLET et al., 1998; SPRAGUE; PENNER; KELLS, 1999). Em espécies sensíveis, essa metabolização ocorre lentamente, permitindo a inibição enzimática pelo diquetonitrila. Parece não haver diferenças na absorção e translocação entre milho e plantas sensíveis, com o diquetonitrila sendo translocado através de toda a planta, para folhas novas, predominantemente pela rota apoplástica (PALLET et al., 1998).

O isoxaflutole causa a interrupção da síntese de pigmentos, levando ao surgimento de sintomas característicos de “branqueamento” de tecidos desenvolvidos após a aplicação nas espécies suscetíveis, seguido de paralisação de crescimento e necrose (PALLET et al., 1998).

A maioria dos herbicidas inibidores da síntese de carotenóides, no entanto, atua sobre a fitoeno desaturase, enzima que cataliza as reações iniciais na conversão do fitoeno (precursor incolor dos carotenóides) em carotenóides coloridos. Os sintomas foliares estão associados com o acúmulo do fitoeno, típico dos herbicidas que inibem o fitoeno desaturase. No entanto, nem o isoxaflutole nem o diquetonitrila inibem a atividade desta enzima. O diquetonitrila inibe a 4-hidroxfenil-

piruvato dioxigenase (HPPD) a partir da degradação do aminoácido tirosina, com inibição indireta do fitoeno desaturase resultante da depleção de um co-fator essencial, a plastoquinona (PALLET et al., 1998; VIVIANI; LITTLE; PALLET, 1998).

Em decorrência da fitointoxicação apresentada pela cultura do milho após a aplicação dos herbicidas nicosulfuron e isoxaflutole, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da procedência dos híbridos de milho em relação à suscetibilidade a estes herbicidas.

### Material e Métodos

O presente trabalho foi conduzido 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 (23°25'31"S, 51°56'19"O), a 542 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima da localidade é do tipo CW'a, mesotérmico úmido, com chuvas de verão e de outono e verão quente.

Foram conduzidos dois experimentos, um com o herbicida nicosulfuron no período de 09/09/05 a 24/10/05 e outro com o isoxaflutole no período de 09/10/04 a 10/11/04, utilizando-se amostras deformadas de solo (ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO), segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999) provenientes da camada de 0 a 0,20 m de profundidade. As características químicas e granulométrica dos solos utilizados em cada experimento, respectivamente, encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.** Resultado das análises químicas e granulométrica do solo utilizado no experimento (camada de 0 a 20 cm de profundidade). Maringá-PR, 2005.

pH		Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC	P	C
CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							(mg dm <sup>-3</sup> )	(g dm <sup>-3</sup> )
5,6	6,4	0,0	2,54	2,88	0,62	0,38	3,88	6,42	104,0	7,11
Areia grossa			Areia fina			Silte		Argila		
(g kg <sup>-1</sup> )										
430			370			60		140		

Fonte: Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

**Tabela 2.** Resultado das análises químicas e granulométrica do solo utilizado no experimento (camada de 0 a 20 cm de profundidade). Maringá-PR, 2004.

pH		Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC	P	C
CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							(mg dm <sup>-3</sup> )	(g dm <sup>-3</sup> )
5,6	6,5	0,0	1,88	1,48	0,59	0,16	2,23	4,11	51	5,58
Areia grossa			Areia fina			Silte		Argila		
(g kg <sup>-1</sup> )										
650			300			20		30		

Fonte: Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

As amostras foram coletadas em área com conhecido histórico de uso sob semeadura direta. Após a coleta das amostras, o solo foi peneirado em malha de 2 mm para separação de torrões, raízes e palha.

Em ambos os experimentos as unidades experimentais foram constituídas por vasos com capacidade de 5 dm<sup>3</sup>, onde foram semeadas 6 sementes de milho por vaso, à profundidade de aproximadamente 2 cm. A semeadura foi efetuada com sementes tratadas com imidacloprid na dosagem de 480 g para cada 100 kg de sementes. Após a emergência das plantas, procedeu-se o desbaste, deixando apenas duas e três plantas por vaso, para os experimentos em que foram aplicados nicosulfuron e isoxaflutole, respectivamente.

A aplicação do nicosulfuron foi realizada quando as plantas de milho apresentavam-se com 6 folhas totalmente expandidas e para isoxaflutole foi realizada em pré-emergência, logo após a semeadura. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, 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, utilizando-se o equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup> de calda.

No experimento com nicosulfuron foram avaliados 33 híbridos de milho (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, Tork e SG 6418) oriundos de nove procedências (Agroceres, Agroeste, Balu, Dow, Embrapa, Guerra, Nidera, Pionner, Syngenta). Para o isoxaflutole foram avaliados 23 híbridos (AG 6040, AG 9010, B 178, B 184, B 551, B 761, BRS 2114, BRS 2160, BRS 3003, BRS 3150, CD 304, CD 306, CD 307, CD 308, Ocepar 705, Fort, Garra, Penta, Pointer, Premium-Flex, Speed, Tork e Valente), das mesmas procedências.

Em ambos os experimentos os híbridos foram combinados em esquema fatorial com três dosagens dos herbicidas nicosulfuron (0, 30 e 60 g ha<sup>-1</sup>) e isoxaflutole (0, 60 e 120 g ha<sup>-1</sup>), no delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições.

Avaliou-se a massa seca de parte aérea das plantas de cada vaso aos 14 e 32 DAA para nicosulfuron e isoxaflutole, respectivamente. Tal avaliação foi realizada mediante a colheita do material vegetal presente nos vasos, com posterior secagem em estufa a 70°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 (dosagem de 0 g ha<sup>-1</sup>), considerada 100%.

Os dados foram submetidos aos testes de Levene e Shapiro-Wilk, com o objetivo de avaliar variância e normalidade dos erros, utilizando-se o programa estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1999). Posteriormente foram submetidos à análise de variância, sendo submetidos a contrastes (Tabelas 3 e 4) previamente estabelecidos pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 1999).

**Tabela 3.** Contrastes entre procedências dos híbridos avaliados no experimento com nicosulfuron. Maringá-PR, 2005.

	Contrastes		Componentes de cada grupo nos contrastes			
			Híbridos			
$\hat{C}_1$	Agroceceres	vs	Agroeste	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575
$\hat{C}_2$	Agroceceres	vs	Balu	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	B 184, B 551 e B 761
$\hat{C}_3$	Agroceceres	vs	Coodetec	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	CD 304, CD 308 e Ocepar 705
$\hat{C}_4$	Agroceceres	vs	Dow	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32
$\hat{C}_5$	Agroceceres	vs	Embrapa	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	BRS 3003 e BRS 3150
$\hat{C}_6$	Agroceceres	vs	Guerra	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	SG 6418
$\hat{C}_7$	Agroceceres	vs	Nidera	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	A 010, A 015 e A 2555
$\hat{C}_8$	Agroceceres	vs	Pionner	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	P 30F33, P 30F90 e P 30F98
$\hat{C}_9$	Agroceceres	vs	Syngenta	AG 7000, AG 8021, AG 8060 e AG 9090	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork
$\hat{C}_{10}$	Agroeste	vs	Balu	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575	vs	B 184, B551 e B 761
$\hat{C}_{11}$	Agroeste	vs	Coodetec	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575	vs	CD 304, CD 308 e Ocepar 705
$\hat{C}_{12}$	Agroeste	vs	Dow	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575	vs	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32
$\hat{C}_{13}$	Agroeste	vs	Embrapa	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575	vs	BRS 3003 e BRS 3150
$\hat{C}_{14}$	Agroeste	vs	Guerra	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575	vs	SG 6418
$\hat{C}_{15}$	Agroeste	vs	Nidera	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575	vs	A 010, A 015 e A 2555
$\hat{C}_{16}$	Agroeste	vs	Pionner	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575	vs	P 30F33, P 30F90 e P 30F98
$\hat{C}_{17}$	Agroeste	vs	Syngenta	AS 1548, AS 1565, AS1567, AS 1570 e AS 1575	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork
$\hat{C}_{18}$	Balu	vs	Coodetec	B 184, B551 e B 761	vs	CD 304, CD 308 e Ocepar 705
$\hat{C}_{19}$	Balu	vs	Dow	B 184, B551 e B 761	vs	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32
$\hat{C}_{20}$	Balu	vs	Embrapa	B 184, B551 e B 761	vs	BRS 3003 e BRS 3150
$\hat{C}_{21}$	Balu	vs	Guerra	B 184, B551 e B 761	vs	SG 6418
$\hat{C}_{22}$	Balu	vs	Nidera	B 184, B551 e B 761	vs	A 010, A 015 e A 2555
$\hat{C}_{23}$	Balu	vs	Pionner	B 184, B551 e B 761	vs	P 30F33, P 30F90 e P 30F98
$\hat{C}_{24}$	Balu	vs	Syngenta	B 184, B551 e B 761	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork
$\hat{C}_{25}$	Coodetec	vs	Dow	CD 304, CD 308 e Ocepar 705	vs	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32

$\hat{C}_{26}$	Coodetec	vs	Embrapa	CD 304, CD 308 e Ocepar 705	vs	BRS 3003 e BRS 3150
$\hat{C}_{27}$	Coodetec	vs	Guerra	CD 304, CD 308 e Ocepar 705	vs	SG 6418
$\hat{C}_{28}$	Coodetec	vs	Nidera	CD 304, CD 308 e Ocepar 705	vs	A 010, A 015 e A 2555
$\hat{C}_{29}$	Coodetec	vs	Pionner	CD 304, CD 308 e Ocepar 705	vs	P 30F33, P 30F90 e P 30F98
$\hat{C}_{30}$	Coodetec	vs	Syngenta	CD 304, CD 308 e Ocepar 705	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork
$\hat{C}_{31}$	Dow	vs	Embrapa	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32	vs	BRS 3003 e BRS 3150
$\hat{C}_{32}$	Dow	vs	Guerra	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32	vs	SG 6418
$\hat{C}_{33}$	Dow	vs	Nidera	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32	vs	A 010, A 015 e A 2555
$\hat{C}_{34}$	Dow	vs	Pionner	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32	vs	P 30F33, P 30F90 e P 30F98
$\hat{C}_{35}$	Dow	vs	Syngenta	2A 525, 2B 170, 2C 599 e CO 32	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork
$\hat{C}_{36}$	Embrapa	vs	Guerra	BRS 3003 e BRS 3150	vs	SG 6418
$\hat{C}_{37}$	Embrapa	vs	Nidera	BRS 3003 e BRS 3150	vs	A 010, A 015 e A 2555
$\hat{C}_{38}$	Embrapa	vs	Pionner	BRS 3003 e BRS 3150	vs	30F33, 30F90 e 30F98
$\hat{C}_{39}$	Embrapa	vs	Syngenta	BRS 3003 e BRS 3150	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork
$\hat{C}_{40}$	Guerra	vs	Nidera	SG 6418	vs	A 010, A 015 e A 2555
$\hat{C}_{41}$	Guerra	vs	Pionner	SG 6418	vs	P 30F33, P 30F90 e P 30F98
$\hat{C}_{42}$	Guerra	vs	Syngenta	SG 6418	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork
$\hat{C}_{43}$	Nidera	vs	Pionner	A 010, A 015 e A 2555	vs	30F33, 30F90 e 30F98
$\hat{C}_{44}$	Nidera	vs	Syngenta	A 010, A 015 e A 2555	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork
$\hat{C}_{45}$	Pionner	vs	Syngenta	30F33, 30F90 e 30F98	vs	Fort, Garra, Maximus, Penta e Tork

**Tabela 4.** Contrastes entre procedências dos híbridos avaliados no experimento com isoxaflutole. Maringá-PR, 2004.

	Contrastes	Componentes de cada grupo nos contrastes				
		Híbridos				
$\hat{C}_1$	Agroceceres	vs	Balu	AG 6040 e AG 9010	vs	B 178, B 184, B551 e B 761
$\hat{C}_2$	Agroceceres	vs	Coodetec	AG 6040 e AG 9010	vs	CD 304, CD 306, CD 307, CD 308 e Ocepar 705
$\hat{C}_3$	Agroceceres	vs	Embrapa	AG 6040 e AG 9010	vs	BRS 2114, BRS 2160, BRS 3003 e BRS 3150

$\hat{C}_4$	Agrocereceres	vs	Syngenta	AG 6040 e AG 9010	vs	Fort, Garra, Penta, Pointer, Premium Flex, Speed, Tork e Valent
$\hat{C}_5$	Balu	vs	Coodetec	B 178, B 184, B551 e B 761	vs	CD 304, CD 306, CD 307, CD 308 e OCEPAR 705
$\hat{C}_6$	Balu	vs	Embrapa	B 178, B 184, B551 e B 761	vs	BRS 2114, BRS 2160, BRS 3003 e BRS 3150
$\hat{C}_7$	Balu	vs	Syngenta	B 178, B 184, B551 e B 761	vs	Fort, Garra, Penta, Pointer, Premium Flex, Speed, Tork e Valent
$\hat{C}_8$	Coodetec	vs	Embrapa	CD 304, CD 306, CD 307, CD 308 e OCEPAR 705	vs	BRS 2114, BRS 2160, BRS 3003 e BRS 3150
$\hat{C}_9$	Coodetec	vs	Syngenta	CD 304, CD 306, CD 307, CD 308 e OCEPAR 705	vs	Fort, Garra, Penta, Pointer, Premium Flex, Speed, Tork e Valent
$\hat{C}_{10}$	Embrapa	vs	Syngenta	BRS 2114, BRS 2160, BRS 3003 e BRS 3150	vs	Fort, Garra, Penta, Pointer, Premium Flex, Speed, Tork e Valent

## Resultados e Discussão

Os contrastes realizados entre procedências na dosagem de 30 g ha<sup>-1</sup> de nicosulfuron (Tabela 5) evidenciaram que os híbridos Balu, Coodetec e Embrapa foram os únicos que apresentaram efeitos significativos de redução de massa seca de parte

aérea, sendo que as três procedências, em média, foram mais sensíveis que os híbridos Agrocereceres, Dow, Nidera e Pionner. No entanto, os híbridos Coodetec, em média, foram também mais sensíveis que os híbridos Agroeste, Balu, Guerra e Syngenta, e os híbridos Embrapa, em média, foram mais sensíveis que os híbridos Agroeste e Syngenta.

**Tabela 5.** Contrastes entre procedências dos híbridos de milho utilizados, estimativas obtidas e probabilidade de significância para o teste F da variável-resposta produção de massa seca relativa de parte aérea (MSPA), na dosagem de 30 g ha<sup>-1</sup> de nicosulfuron. Maringá-PR, 2005.

Coeficientes $\oplus$		Coeficientes $\ominus$		Estimativa dos contrastes	Pr>f	Coeficientes $\oplus$		Coeficientes $\ominus$		Estimativa dos contrastes	Pr>f
Contrastes entre procedências				MSPA		Contrastes entre procedências				MSPA	
Agrocereceres	vs	Agroeste		+1,570	0,498	Balu	vs	Syngenta		-3,938	0,119
Balu	vs	Agrocereceres		<b>-5,284</b>	0,046	Coodetec	vs	Dow		<b>-12,282</b>	<0,001
Coodetec	vs	Agrocereceres		<b>-11,327</b>	<0,001	Embrapa	vs	Coodetec		+3,032	0,336
Dow	vs	Agrocereceres		+0,956	0,695	Guerra	vs	Coodetec		<b>+11,147</b>	0,005
Agrocereceres	vs	Embrapa		<b>+8,295</b>	0,006	Nidera	vs	Coodetec		<b>+13,981</b>	<0,001
Agrocereceres	vs	Guerra		+0,180	0,963	Pionner	vs	Coodetec		<b>+13,403</b>	<0,001
Nidera	vs	Agrocereceres		+2,654	0,314	Coodetec	vs	Syngenta		<b>-9,980</b>	<0,001
Pionner	vs	Agrocereceres		+2,076	0,431	Embrapa	vs	Dow		<b>-9,251</b>	0,002
Agrocereceres	vs	Syngenta		+1,347	0,561	Guerra	vs	Dow		-1,136	0,768
Balu	vs	Agroeste		-3,714	0,141	Nidera	vs	Dow		+1,699	0,519
Coodetec	vs	Agroeste		<b>-9,757</b>	<0,001	Dow	vs	Pionner		-1,120	0,671
Dow	vs	Agroeste		+2,525	0,276	Dow	vs	Syngenta		+2,302	0,320

Embrapa	vs	Agroeste	<b>-6,726</b>	0,020	Guerra	vs	Embrapa	+8,115	0,056
Agroeste	vs	Guerra	-1,390	0,713	Embrapa	vs	Nidera	<b>-10,949</b>	0,001
Agroeste	vs	Nidera	-4,224	0,094	Embrapa	vs	Pionner	<b>-10,371</b>	0,001
Agroeste	vs	Pionner	-3,645	0,149	Embrapa	vs	Syngenta	<b>-6,949</b>	0,017
Agroeste	vs	Syngenta	-0,223	0,919	Guerra	vs	Nidera	-2,834	0,477
Balu	vs	Coodetec	<b>+6,043</b>	0,033	Guerra	vs	Pionner	-2,556	0,571
Balu	vs	Dow	<b>-6,240</b>	0,018	Guerra	vs	Syngenta	+1,167	0,758
Embrapa	vs	Balu	-3,011	0,339	Pionner	vs	Nidera	-0,578	0,837
Guerra	vs	Balu	+5,104	0,201	Nidera	vs	Syngenta	+4,001	0,113
Nidera	vs	Balu	<b>+7,938</b>	0,005	Pionner	vs	Syngenta	+3,422	0,175
Pionner	vs	Balu	<b>+7,360</b>	0,009	-	-	-	-	-

\*As estimativas apresentadas em negrito são significativas pelo teste F a 5% de probabilidade.

Comparando as diferentes procedências, esses resultados indicam que os híbridos Balu, Coodetec e Embrapa destacam-se como menos tolerantes à dosagem de 30 g ha<sup>-1</sup>, especialmente no que se refere aos híbridos Coodetec, que foram significativamente mais sensíveis que todas as demais procedências, com exceção dos híbridos Embrapa.

Com relação aos contrastes realizados entre procedências na dosagem de 60 g ha<sup>-1</sup> de nicosulfuron (Tabelas 6), os híbridos Balu, Coodetec e Syngenta apresentaram efeito significativo de redução de massa seca de parte aérea, sendo os dois primeiros,

em média, mais sensíveis que os híbridos Agroceres, Agroeste, Dow, Embrapa, Guerra, Nidera, Pionner e Syngenta, e os híbridos Syngenta, em média, mais sensíveis que os híbridos Agroeste, Dow, Embrapa, Nidera e Pionner. Nesta dosagem, os híbridos Pionner, em média, foram mais tolerantes que as demais procedências, com exceção aos híbridos Embrapa, que, ao contrário do ocorrido na dosagem de 30 g ha<sup>-1</sup>, não mostraram sensibilidade inferior a nenhuma das outras procedências, provavelmente devido a um efeito mais acentuado desta dosagem sobre os demais híbridos.

**Tabela 6.** Contrastes entre procedências dos híbridos de milho utilizados, estimativas obtidas e probabilidade de significância para o teste F da variável-resposta produção de massa seca relativa de parte aérea (MSPA), na dosagem de 60 g ha<sup>-1</sup> de nicosulfuron. Maringá-PR, 2005.

Coeficientes		Coeficientes		Estimativa dos contrastes	Pr>f	Coeficientes		Coeficientes		Estimativa dos contrastes	Pr>f
⊕	⊖	⊕	⊖			⊕	⊖				
Contrastes entre procedências					MSPA	Contrastes entre procedências					MSPA
Agroceres	vs	Agroeste		-2,835	0,221	Balu	vs	Syngenta		<b>-7,544</b>	0,003
Balu	vs	Agroceres		<b>-11,647</b>	<0,001	Coodetec	vs	Dow		<b>-19,785</b>	<0,001
Coodetec	vs	Agroceres		<b>-15,552</b>	<0,001	Embrapa	vs	Coodetec		<b>+20,324</b>	<0,001
Dow	vs	Agroceres		+4,233	0,083	Guerra	vs	Coodetec		<b>+14,217</b>	<0,001
Agroceres	vs	Embrapa		-4,773	0,111	Nidera	vs	Coodetec		<b>+17,316</b>	<0,001
Agroceres	vs	Guerra		+1,335	0,729	Pionner	vs	Coodetec		<b>+25,977</b>	<0,001
Nidera	vs	Agroceres		+1,764	0,503	Coodetec	vs	Syngenta		<b>-11,449</b>	<0,001
Pionner	vs	Agroceres		<b>+10,425</b>	<0,001	Embrapa	vs	Dow		+0,539	0,857
Agroceres	vs	Syngenta		+4,103	0,077	Guerra	vs	Dow		-5,568	0,150
Balu	vs	Agroeste		<b>-14,482</b>	<0,001	Nidera	vs	Dow		-2,470	0,349



Coodetec	vs	Agroeste	<b>-18,387</b>	<0,001	Dow	vs	Pionner	<b>-6,192</b>	0,019
Dow	vs	Agroeste	+1,398	0,546	Dow	vs	Syngenta	<b>+8,336</b>	<0,001
Embrapa	vs	Agroeste	+1,938	0,502	Guerra	vs	Embrapa	-6,108	0,149
Agroeste	vs	Guerra	+4,170	0,270	Embrapa	vs	Nidera	+3,008	0,340
Agroeste	vs	Nidera	+1,071	0,671	Embrapa	vs	Pionner	-5,653	0,073
Agroeste	vs	Pionner	<b>-0,590</b>	0,003	Embrapa	vs	Syngenta	<b>+8,876</b>	0,002
Agroeste	vs	Syngenta	<b>+6,938</b>	0,002	Guerra	vs	Nidera	-3,099	0,437
Balu	vs	Coodetec	+3,905	0,166	Guerra	vs	Pionner	<b>-11,760</b>	0,003
Balu	vs	Dow	<b>-15,880</b>	<0,001	Guerra	vs	Syngenta	+2,768	0,464
Embrapa	vs	Balu	<b>+16,419</b>	<0,001	Pionner	vs	Nidera	<b>+8,661</b>	0,002
Guerra	vs	Balu	<b>+10,312</b>	0,010	Nidera	vs	Syngenta	<b>+5,867</b>	0,020
Nidera	vs	Balu	<b>+13,411</b>	<0,001	Pionner	vs	Syngenta	<b>+14,528</b>	<0,001
Pionner	vs	Balu	<b>+22,072</b>	<0,001	-	-	-	-	-

\* As estimativas apresentadas em negrito são significativas pelo teste F a 5% de probabilidade.

Contudo, analisando-se os contrastes realizados nas dosagens de 30 e 60 g ha<sup>-1</sup> de nicosulfuron, pode-se inferir que os híbridos Balu e Coodetec, de modo geral, podem ser considerados de maior sensibilidade ao herbicida nicosulfuron se comparados aos outros híbridos estudados.

Os contrastes realizados entre procedências na dosagem de 60 g ha<sup>-1</sup> de isoxaflutole (dados não demonstrados) não estabeleceram diferenças

significativas de massa seca de parte aérea entre os grupos analisados. Isso pode indicar, de modo geral, uma situação de alta tolerância para as diferentes procedências nesta dosagem do herbicida. Os contrastes realizados na dosagem de 120 g ha<sup>-1</sup> (Tabela 7) somente evidenciaram que os híbridos Balu, em média, apresentaram massa seca de parte aérea significativamente superior aos híbridos Embrapa.

**Tabela 7.** Contrastes entre procedências dos híbridos de milho utilizados, estimativas obtidas e probabilidade de significância para o teste F da variável-resposta matéria seca da parte aérea (MSPA), na dosagem de 120 g ha<sup>-1</sup> de isoxaflutole. Maringá-PR, 2004.

Coeficientes ⊕		Coeficientes ⊖		Estimativa dos contrastes	Pr>f	Coeficientes ⊕		Coeficientes ⊖		Estimativa dos contrastes	Pr>f
Contrastes entre procedências				MSPA		Contrastes				MSPA	
Agrocere	vs	Balu		-2,973	0,602	Balu	vs	Embrapa		<b>+10,425</b>	0,026
Agrocere	vs	Coodetec		+4,336	0,431	Balu	vs	Syngenta		+3,216	0,425
Agrocere	vs	Embrapa		+7,453	0,192	Embrapa	vs	Coodetec		-3,117	0,481
Agrocere	vs	Syngenta		+0,243	0,963	Coodetec	vs	Syngenta		-4,093	0,276
Balu	vs	Coodetec		+7,309	0,099	Embrapa	vs	Syngenta		-7,209	0,075

\* As estimativas apresentadas em negrito são significativas pelo teste F a 5% de probabilidade.

Segundo Van Eerd et al. (2003), alguns agroquímicos podem estimular ou prejudicar a ação do complexo enzimático P-450, que é responsável por uma das fases de metabolismo de herbicidas em plantas, fato que pode afetar seu crescimento e desenvolvimento.

Algumas explicações podem esclarecer os possíveis mecanismos de tolerância de híbridos de milho aos herbicidas nicosulfuron e isoxaflutole, entre elas, sugere-se a maior ou menor atividade de enzimas monoxigenases dependentes do citocromo P-450, glutatona S-transferase (GSTs), esterases e UDP-glicosiltransferases, responsáveis pela desintoxicação de herbicidas (FERREIRA; CATANEO, 2001). Outras explicações sugerem a absorção e translocação diferencial do herbicida para o sítio de ação na planta, com maior ou menor capacidade de metabolização e desintoxicação (EZRA; GRASSEL, 1982).

No caso das sulfoniluréias, a sua adoção requer a observação de alguns fatores além do híbrido utilizado, tais como estágio fenológico da cultura no instante da aplicação e o intervalo entre a aplicação do herbicida e inseticida organofosforado ou mesmo da adubação nitrogenada de cobertura, que, quando negligenciados, podem interferir em sua seletividade e causar fitointoxicação à cultura (LÓPEZ OVEJERO et al., 2003).

Em relação ao isoxaflutole, acredita-se que da mesma forma como ocorre em espécies sensíveis, um híbrido de milho pode ser mais sensível que outro em função da metabolização lenta da molécula, permitindo a inibição enzimática pelo diquetonitrila que é a molécula ativa.

Contudo, tem-se como hipótese que a tolerância entre procedências de híbridos de milho para ambos os herbicidas pode ser justificada pela maior ou menor capacidade dos híbridos de absorver, translocar e metabolizar as moléculas estudadas. Concluiu-se que existe diferença de tolerância entre procedências de híbridos de milho em relação

à suscetibilidade aos herbicidas nicosulfuron e isoxaflutole. Em média, as procedências Balu e Coodetec foram mais sensíveis ao nicosulfuron do que as demais procedências. Na dosagem de 120 g ha<sup>-1</sup> de isoxaflutole, em média, a procedência Balu mostrou-se mais tolerante que a Embrapa.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor e aos funcionários do Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas Luiz Machado Homem e Milton Lopes da Silva, pelo auxílio prestado durante a condução dos experimentos.

## Referências

- ANDERSON, D. D.; NISSEN, S. J.; MARTIN, A. R.; ROETH, F. W. Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. *Weed Science*, Lawrence, v. 46, n. 1, p. 158-162, 1998.
- BROW, H. M.; DIETRICH, R. F.; KENYON, W. H.; LICHTNER, F. T. Prospects for the biorational design of crop selective herbicides. *Brighton Crop Protection Conference – Weeds*, Switzerland, v. 7, n. 2, p. 847-856, 1991.
- CAREY, J. B.; PENNER, D.; KELLS, J. J. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. *Weed Science*, Lawrence, v. 45, n. 1, p. 22-30, 1997.
- CEZARINO, V. Isoxaflutole – nova molécula herbicida para as culturas da cana-de-açúcar e do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. *Palestras...* Caxambu: SBCPD, 1997. p. 79-93.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- EZRA, G.; GRESSEL, J. Rapid effects of a thiocarbamate herbicide and its dichloroacetamide protectant on a macromolecular synthesis and glutathione levels in maize cell cultures. *Pesticide Biochemistry Physiology*, Duluth, v. 17, n. 1, p. 48-58, 1982.

- FERREIRA, D. F. *Sistema de análise de variância (Sisvar)*: versão 4.6. Lavras: Departamento de Ciências Exatas da UFLA, 1999.
- FERREIRA, L. C.; CATANEO, A. C. Aspectos bioquímicos da ação “de safeners”. *Boletim Informativo da SBCPD*, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 5-6, 2001.
- FONNE-PFISTER, R.; GAUDIN, J.; KREUZ, K.; RAMSTEINER, K.; EBERT, E. Hydroxylation of primisulfuron by an inducible cytochrome P450-dependent monooxygenase system from maize. *Pesticide Biochemistry Physiology*, Duluth, v. 37, n. 1, p. 165-173, 1990.
- 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, v. 9, n. 3, p. 3574-3581, 1995.
- HARMS, C. T.; MONTOYA, A. L.; PRIVALLE, L. S.; BRIGGS, R. W. Genetic and biochemical characterization of corn inbred lines tolerant to the sulfonylurea primisulfuron. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 80, n. 3, p. 353-358, 1990.
- LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; BARELA, J. F. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). *Milho: estratégias de manejo para alta produtividade*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003. p. 47-79.
- PALLET, K. E.; LITTLE, J. P.; SHEEKEY, M.; VEERASEKARAN, P. The mode of action of isoxaflutole. I. Physiological effects, metabolism, and selectivity. *Pesticide Biochemistry Physiology*, Duluth, v. 62, n. 2, p. 113-124, 1998.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. *Guia de herbicidas*. 5. ed. Londrina: Ed. dos Autores, 2005.
- SPRAGUE, C. L.; PENNER, D.; KELLS, J. J. Physiological basis for tolerance of four *Zea mays* hybrids to RPA 201772. *Weed Science*, Lawrence, v. 47, n. 4, p. 375-382, 1999.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE – SAS. *Procedure guide for personal computers: Version 5*. Cary: SAS Inst, 1999.
- VANEERD, L. L.; HOAGLAND, R. E.; ZABLOTOWICZ, R. M.; HALL, J. C. Pesticide metabolism in plants and microorganisms. *Weed Science*, Lawrence, v. 51, n. 4, p. 472-495, 2003.
- VIVIANI, F.; LITTLE, J. P.; PALLET, K. E. The mode of action of isoxaflutole. II. Characterization of the inhibition of carrot 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase by the diketone nitrile derivative of isoxaflutole. *Pesticide Biochemistry Physiology*, Duluth, v. 62, n. 2, p. 125-134, 1998.

