

CIRCULAR TÉCNICA

237

Sete Lagoas, MG
Maio, 2018

Seletividade do Nicosulfuron em Linhagens e Híbridos de Milho

Maurilio Fernandes de Oliveira
Roberto dos Santos Trindade
Silvio Furuhashi
Fernanda Nunes Bressanin
Fabrício Carvalho Hebach

Introdução

O milho é uma das principais culturas da agricultura brasileira, não somente no aspecto produtivo, como também no que diz respeito à sua importância estratégica, por ser um dos principais componentes em rações para nutrição animal, servindo assim, conseqüentemente, como uma das bases para a alimentação humana.

Um dos fatores que mais interferem na produtividade do milho em condições de campo é a competição com outras plantas que emergem no mesmo espaço, as chamadas plantas daninhas. Para o controle de plantas daninhas em plantios comerciais, a opção mais utilizada tem sido a aplicação de herbicidas, dentre os quais o nicosulfuron é um dos principais indicados para a cultura do milho.

Entretanto, o emprego de herbicidas para o controle de plantas daninhas deve considerar a seletividade ao herbicida para a cultura. Plantas são consideradas como sensíveis quando seu crescimento e desenvolvimento são alterados pela ação de um produto herbicida, enquanto a tolerância consiste na capacidade inata da planta sobreviver e se reproduzir após o tratamento herbicida, mesmo sofrendo injúrias (Vargas; Roman, 2006). Tanto a tolerância quanto a sensibilidade a herbicidas são características altamente relacionadas com a variabilidade genética natural da espécie, e podem ser alteradas por pressão de seleção, mutação, cruzamento entre genótipos tolerantes e sensíveis, e/ou biotecnologia.

Seletividade do Nicosulfuron em Linhagens e Híbridos de Milho¹

A correta utilização de herbicida demanda informações de dosagem, época de aplicação, tolerância das culturas ao produto além do conhecimento das espécies de plantas daninhas controladas pelo produto.

Mecanismo de ação do Nicosulfuron, Tolerância Diferencial do Milho e Sintomas da Fitotoxicidade das Plantas ao Herbicida

O nicosulfuron é importante herbicida para o milho aplicado em pós-emergência para o controle de gramíneas e de algumas folhas largas na dosagem de 50 a 60 g i.a. ha⁻¹ (Rodrigues; Almeida, 2011). Estudos de seletividade de herbicidas no milho, incluindo o deste herbicida, mostram a necessidade de se conhecer o adequado estágio fenológico da cultura para a aplicação dos produtos (López-Ovejero et al., 2003). Em razão da tolerância diferencial do milho ao nicosulfuron, o potencial de uso e registro deste herbicida deve ser restrito a determinadas cultivares que o tolerem. A seletividade do nicosulfuron, herbicida do grupo das sulfonilureias, ao milho deve-se à sua capacidade de metabolizar o produto em compostos não ativos. Cultivares tolerantes metabolizam herbicidas sulfonilureias mais rapidamente (Green; Ulrich, 1994).

A ação do nicosulfuron na planta é pela inibição da enzima acetolactato sintase-(ALS) (Oliveira Júnior et al., 2011). Esta enzima é lábil e apresenta isoformas. A tolerância diferencial do milho ao nicosulfuron está amplamente descrita na literatura (Oliveira Júnior et al., 2011; Pereira Filho et al., 2000; López-Ovejero et al., 2003; Cavalieri et al., 2008). Cavalieri et al. (2008), citando diversos autores, afirmam que na maioria dos híbridos de milho, a

¹ Eng.-Agrôn., D.Sc. em Produção Vegetal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; Eng.-Agrôn., D.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; Eng.-Agrôn., M.Sc. em Produção Vegetal, ISK Biosciences do Brasil, Indaiatuba, SP; Eng.-Agrôn., M.Sc. em Produção Vegetal, ISK Biosciences do Brasil, Indaiatuba, SP; Bolsista de iniciação científica da Funarbe/ISK Biosciences Corporation na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento. Estes mesmos autores descrevem ainda que híbridos considerados tolerantes aos herbicidas pertencentes ao grupo químico das sulfonilureias podem apresentar sensibilidade, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada. Estes autores descrevem ainda resultados de redução do número de grãos por espiga e da massa de grãos quando a aplicação do nicosulfuron foi realizada nos estádios de 6 e 9 folhas expandidas.

Os sintomas de fitotoxicidade de nicosulfuron em híbridos sensíveis de milho são mais evidentes a partir do 5º dia até os 14 dias após a aplicação. A recomendação da aplicação de nicosulfuron para o milho em estágio de até 6 folhas completamente expandida. A partir deste estágio, o milho intercepta muito do produto que deveria atingir as plantas daninhas (efeito guarda-chuva). Este também é o momento em que ocorre a maior interceptação e absorção de produto pelas plantas de milho (dentro da recomendação de uso do produto), e conseqüentemente quando ocorre os maiores sintomas de fitotoxicidade na cultura. Os possíveis sintomas no milho são: faixa clorótica (amarelecimento) transversal na região central da folha, enrugamento da folha, enrugamento e “retorcimento” das folhas do cartucho, redução de crescimento e dessecação com morte de plantas (em cultivares altamente sensíveis) (Figura 1).

O nicosulfuron é aplicado em baixa dosagem e tem-se verificado para alguns híbridos alto nível de injúrias (Meyer et al., 2010; Liu et al., 2015), demandando a avaliação da herança da capacidade de metabolizar o nicosulfuron em milho. Kang (1993), avaliando cruzamentos entre linhagens resistentes e sensíveis a este herbicida, observou um mecanismo de herança simples determinado pela presença de um gene recessivo em homozigose, denominado *nsf1*. Entretanto, a análise de transcriptoma relacionada ao metabolismo do nicosulfuron em milho indicou a ação de oito genes envolvidos no processo de detoxicação da planta pós-aplicação do herbicida (Liu et al., 2015). Este fator denota a hipótese de que a resposta ao herbicida em milho é determinada pela expressão diferencial de um conjunto de genes, os quais atuam inclusive em processo regulatório e de pós-transcrição de metabólitos. Assim, a possível variabilidade de resposta ao nicosulfuron torna importante a avaliação de novos híbridos, variedades e linhagens com essa finalidade.

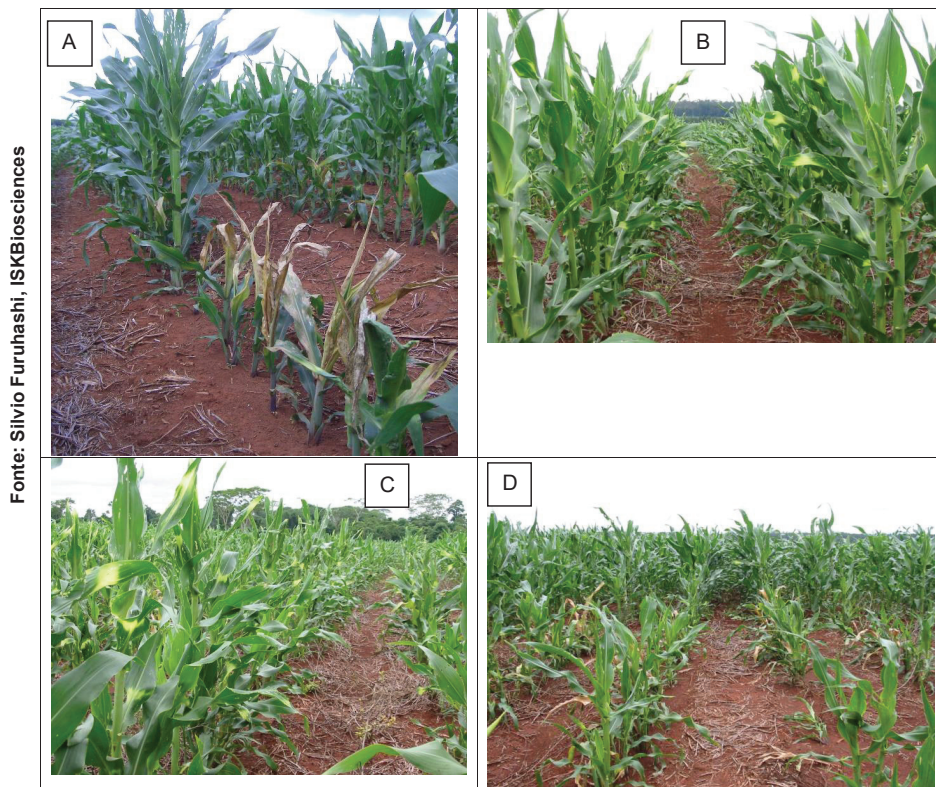


Figura 1. Sintomas de fitotoxicidade de nicosulfuron no milho: A - redução do crescimento e morte das plantas sensíveis; B e C - faixa clorótica transversal, enrugamento das folhas, D - redução crescimento e retorcimento das folhas do cartucho.

Linhagens e Híbridos de Milho e a Tolerância ao Nicosulfuron

O principal tipo de cultivar de milho no mercado são os híbridos simples, obtidos pela expressão da heterose resultante do cruzamento entre linhagens contrastantes e complementares. Além de maiores produtividades, o cultivo de híbridos possibilita diversas vantagens em relação às variedades de polinização aberta, como resistência a estresses e facilidades no manejo em razão da uniformidade da lavoura. Conceitualmente, uma linhagem ou linha pura é definida como sendo a descendência, por autofecundação, de um indivíduo homozigoto (Troyer, 2001).

As linhagens constituem o principal ativo genético dos programas de melhoramento de milho, que promovem grande esforço para, a cada ano, desenvolverem novas linhagens-elites superiores às suas genitoras e que promovam a obtenção de híbridos de alto desempenho agrônômico. Dentre as características desejáveis em uma linhagem-elite, destacam-se questões relativas ao desempenho genético, como alta capacidade combinatória e adaptabilidade e estabilidade que conferiram aos seus híbridos; caracteres ligados ao desempenho agrônômico, como arquitetura de planta, ciclo, resistência a estresses; e características reprodutivas, como producibilidade de sementes, potencial como genitor masculino e feminino, e outras características (Paterniani; Campos, 2005).

Considerando as características agrônômicas e reprodutivas em linhagens de milho, elas são passíveis de sofrerem efeitos deletérios com a aplicação de nicosulfuron. Entretanto, os estudos de seletividade do nicosulfuron ao milho estão descritos na literatura apenas para híbridos de milho, não havendo referências destes estudos para linhagens de milho. Desta forma, este trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar a resposta seletiva a aplicação de nicosulfuron em híbridos e em linhagens-elite de milho.

A avaliação prévia da seletividade do nicosulfuron em linhagens-elite de milho foi realizada em telado, na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, em fevereiro de 2017. Foram avaliadas 4 linhagens do programa de melhoramento de milho: CMS M035, CMS M036, CMS M037 e L-541145. Para tanto, as linhagens foram semeadas em vasos de 20 kg, com substrato composto de solo adubado. Foram semeadas 3 sementes por vaso, sendo 3 repetições para cada linhagem, delineamento inteiramente casualizado. A aplicação do nicosulfuron foi realizada nas plantas no estádio V3 (3 folhas expandidas), nas dosagens de 0 (controle), 25, 50 e 75 g i.a. ha⁻¹. A aplicação foi realizada com pulverizador costal pressurizado a CO₂, barra com 2 bicos tipo leque 8003, vazão de 150 ha⁻¹.

Após 14 dias da aplicação de nicosulfuron, as plantas foram medidas com régua do colo até a última folha, coletadas e levadas para estufa de ventilação forçada a 65 °C por 48 horas. Após a secagem, fez-se a pesagem em balança de precisão. Os valores da altura de plantas e o peso das linhagens por dosagem de herbicida estão na Tabela 1 com os respectivos valores de desvio padrão da média.

Tabela 1. Valores de altura de plantas, peso, dosagem e linhagens que receberam dosagens crescentes de nicosulfuron (g ha^{-1}).

Linhagem	Dosagem - g ha^{-1}	Altura - cm	Peso - g
CMS M036	0	$52 \pm 4,5$	$4,5 \pm 0,3$
	25	$57 \pm 2,4$	$5,19 \pm 1,1$
	50	$48 \pm 11,2$	$3,25 \pm 1,8$
	75	$56 \pm 5,7$	$2,76 \pm 1,0$
CMS M037	0	$39,3 \pm 16$	$1,75 \pm 1,3$
	25	$50 \pm 5,4$	$2,39 \pm 0,6$
	50	$47 \pm 5,0$	$4,37 \pm 1,0$
	75	$48 \pm 9,8$	$3,53 \pm 1,9$
CMS M035	0	$53 \pm 3,2$	$3,7 \pm 2,3$
	25	$51 \pm 7,0$	$5,9 \pm 2,0$
	50	$60 \pm 6,5$	$5,3 \pm 1,8$
	75	$53 \pm 1,5$	$5,1 \pm 0,0$
L-541145	0	$41,3 \pm 3,1$	$2,2 \pm 0,8$
	25	descartada	descartada
	50	$65 \pm 8,0$	$5,2 \pm 1,0$
	75	descartada	descartada

O ensaio para a avaliação de seletividade do nicosulfuron a híbridos e linhagens de milho em campo foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, entre dezembro de 2016 e maio de 2017. Utilizaram-se sete genótipos todos oriundos do programa de melhoramento de milho da Embrapa: os híbridos experimentais 2E530, 1F640 e o híbrido triplo BRS 3042 e as linhagens: CMS M036, CMS M037, CMS M035 e L-541145. Os tratamentos herbicidas aplicados foram 0, 25 e 50 g i.a. ha^{-1} , repetidos em três blocos.

Foram plantadas seis sementes por metro realizado no dia 20/12/2016 em parcelas de quatro linhas de seis metros espaçadas de 70 cm. A colheita do milho foi realizada nas 2 linhas centrais. A adubação de plantio foi de 450 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16 + Zn + B. A adubação nitrogenada foi realizada em 09/01/2017 nas linhagens e nos híbridos (estes se encontravam no estádio de quatro folhas) na dosagem de 300 kg ha^{-1} de ureia. Para fixar a época ideal de aplicação do herbicida (6 folhas), determinou-se o estádio de crescimento de acordo com o desenvolvimento da linhagem mais tardia. Aplicação do

herbicida foi realizada em 17/01/2017 nos híbridos (estádio de 8 folhas) e em 20/01/2017 nas linhagens (estádio de 6 folhas). Para a aplicação dos herbicidas foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂ contendo seis bicos tipo leque regulado para vazão de 150 L ha⁻¹.

As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 7, 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA). As avaliações utilizaram escala visual de 1 a 9, sendo 1 ausência e 9 fitotoxicidade máxima (Frans, 1972). As espigas de milho, colhidas em 08/05/2017, tiveram a umidade de grãos corrigida para 13%. A produtividade em toneladas por hectare foi analisada pelo teste F, a 5%. Os efeitos significativos foram analisados pelo teste Tukey (Tabela 2).

Não foram observados sintomas de fitotoxicidade do nicosulfuron nas linhagens e nos híbridos em todas as épocas de avaliação (Figura 2). Não foi observado efeito significativo para a dosagem de nicosulfuron na produtividade do milho, tanto nas linhagens quanto nos híbridos.

Tabela 2. Produtividade média de linhagens e híbridos submetidos a dosagens crescentes de nicosulfuron

Linhagens	Produtividade (t ha ⁻¹)
CMS M036	1,33 b
CMS M037	1,35 b
CMS M035	2,50 a
L-541145	2,05 ab
Híbridos	Produtividade (t ha ⁻¹)
2 E 530	7,36 a
1 F 640	7,62 a
BRS 3042	8,17 a

Houve diferenças significativas entre linhagens quanto a produtividade média de grãos ($p < 0,05$ - Tabela 2) considerando as três dosagens de herbicida. O valor de produtividade da linhagem CMS M035 foi superior ao das linhagens CMS M036 e CMS M037. Para os híbridos, não houve efeito significativo para cultivar (Tabela 2).

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo, 2017

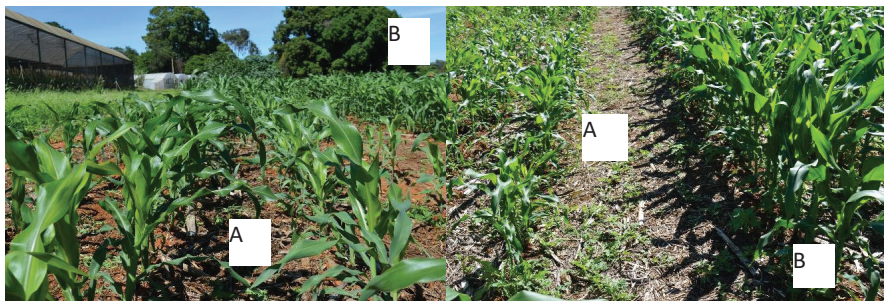


Figura 2. Altura das plantas de milho linhagens (A) e híbridos (B) na aplicação dos herbicidas.

O nicosulfuron foi seletivo para os híbridos e para as linhagens, sem danos à produtividade, podendo ser utilizado no manejo de invasoras, sem prejuízo para os genótipos.

Agradecimentos

À Embrapa e à ISKBiosciences, por patrocinarem a realização do trabalho. Aos técnicos agrícolas Davidson de Araújo Silva e Eduardo Elias de Faria. Aos assistentes Almir Roberto da Silva, Geraldo Marques da Silva e Valeriano Moreira de Carvalho.

Referências

CAVALIERI, S. D.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 203-214, 2008.

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

GREEN, J. M.; ULRICH, J. F. Response of maize (*Zea mays*) inbreds and hybrids to nicosulfuron. **Pesticide Science**, Oxford, v. 40, p. 187-191, 1994.

KANG, M. S. Inheritance of susceptibility to nicosulfuron herbicide in maize. **Journal of Heredity**, Cary, v. 84, n. 3, p. 216-217, 1993.

LIU, X.; XU, X.; LI, B.; WANG, X.; WANG, G.; LI, M. RNA-Seq transcriptome analysis of maize inbred carrying nicosulfuron-tolerant and nicosulfuron-susceptible alleles. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, p. 5975-5989, 2015.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estágios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 413-419, 2003.

MEYER, M. D.; PATAKY, J. K.; WILLIAMS, M. M. Genetic factors influencing adverse effects of mesotrione and nicosulfuron on sweet corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n. 4, p. 1138-1144, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348 p.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 429-485.

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

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

TROYER, F. Temperate corn: background, behavior, and breeding. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 359-468.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 22 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 58). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do58.htm>. Acesso em: 9 out. 2017.

Literatura Recomendada

OHMES, G. A.; KENDIG, J. A. Inheritance of an ALS cross- resistant common cocklebur (*Xanthium strumarium*) biotype. **Weed Technology**, Champaign, v. 13, n. 1, p. 100-103, 1999.

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Formato digital (2018)



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo

Elena Charlotte Landau

Membros

Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira
Simeone, Roberto dos Santos Trindade e
Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Tânia Mara Assunção Barbosa

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Tânia Mara Assunção Barbosa