

CIRCULAR TÉCNICA

264

Sete Lagoas, MG  
Setembro, 2020

# Seletividade do nicosulfuron em linhagens e híbridos de milho: fase III

Maurílio Fernandes de Oliveira  
Roberto dos Santos Trindade



## Seletividade do nicosulfuron em linhagens e híbridos de milho: fase III<sup>1</sup>

O nicosulfuron é um herbicida seletivo ao milho aplicado no Brasil em pós-emergência da cultura. Este herbicida inibe a enzima acetolactato sintase (ALS), que é encontrada nas plantas na forma de isoenzimas, sendo componente da rota de produção de aminoácidos (Rodrigues; Almeida, 2018). A paralisação desta enzima acarreta o amarelecimento das folhas, a redução do crescimento e a morte das plantas.

A recomendação comercial para o milho é de 50 a 60 g de ingrediente ativo por hectare. No entanto, o germoplasma de milho apresenta resposta diferencial à aplicação deste herbicida. Assim, é de fundamental importância a realização de testes anteriores à comercialização das cultivares, visando a caracterização de sua resposta à aplicação desse produto.

O nicosulfuron, mesmo aplicado em baixa dosagem para alguns genótipos, pode resultar em alto nível de injúrias (Meyer et al., 2010; Liu et al., 2015). Em trabalho realizado por Kang (1993), para determinação do controle genético para tolerância deste herbicida, concluiu-se pela presença de um gene recessivo em homozigose, denominado *nsf1* quando de cruzamentos de linhagens resistentes e sensíveis. Por outro lado, a análise de transcritoma, 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). Isto levanta a hipótese de que a resposta do milho a este herbicida é determinada pela expressão diferencial de um conjunto de genes. Estes quais atuam inclusive em processo regulatório e de pós-transcrição. Assim, a possível variabilidade de resposta ao nicosulfuron torna importante a avaliação de novos híbridos, variedades e linhagens. O cruzamento de linhagens com características diferenciais, quanto à tolerância ao nicosulfuron, visa a obtenção de milho tolerante a este produto via técnicas de melhoramento vegetal.

<sup>1</sup> Maurílio Fernandes de Oliveira, Eng. Agrônomo, DSc em Produção Vegetal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Roberto dos Santos Trindade, Eng. Agrônomo, DSc em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

A bula do nicosulfuron descreve que o produto é seletivo para a maioria das cultivares comerciais de milho, mas existem alguns híbridos/variedades que não devem ser tratados com ele. Por isso, antes de aplicá-lo, o fabricante recomenda que o usuário consulte a “Lista de híbridos e variedades recomendados para tratamento com o herbicida”. Essa lista encontra-se junto à embalagem da semente ou com o fornecedor do produto. Para alguns dos híbridos e variedades em que é recomendada aplicação do nicosulfuron, poderão ser observados sintomas iniciais de fitotoxicidade. Esses sintomas desaparecem naturalmente, sem interferir na produtividade.

Desde 1986, a Embrapa Milho e Sorgo possui um programa de desenvolvimento de híbridos e variedades de milho, produzindo cultivares com enfoque regional para diferentes públicos. Até o presente, foram lançados por esse programa 35 híbridos e 42 variedades de milho, ampliando a oferta de genética de qualidade ao agricultor. Anualmente, são desenvolvidos diversos genótipos experimentais, os quais passam por uma série de avaliações técnicas a fim de se selecionar materiais com potencial para lançamento comercial. Dentre essas avaliações, tem-se a etapa de teste de híbridos e linhagens experimentais quanto à resposta a herbicidas.

Oliveira et al. (2018a) avaliaram quatro linhagens e três híbridos experimentais e pré-comerciais de milho quanto à resposta à aplicação de nicosulfuron. Neste trabalho, não foi identificada redução na produção de milho em função de doses crescentes do herbicida. Além disso, esses mesmos autores, Oliveira et al. (2018b), avaliaram a seletividade do nicosulfuron em um grupo de seis linhagens e seis híbridos. Os resultados demonstraram que, também, não houve redução da produtividade de grãos dos híbridos e da produtividade de sementes das linhagens.

Estudos de seletividade deste herbicida ao milho são na sua maioria direcionados para a descrição de sintomas em materiais comerciais, não havendo referências destes estudos para linhagens.

O experimento foi implantado no dia 14/11/2018 (Figura 1), em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial 13 x 3 composto por 13 genótipos (oito híbridos e cinco linhagens) e três dosagens de nicosulfuron na formulação de 40 g L<sup>-1</sup>: 0; 1,0; e 1,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>. Os oito híbridos avaliados foram: 1 L 1411; 1 N 1958; BRS 4105; BRS 4107; 102106, sem

descrição prévia deles de tolerância para nicosulfuron, e DKB 310 PRO 2; BRS 2022 e BRS 2020, com descrição prévia como sensível para este herbicida<sup>1</sup>. As linhagens avaliadas foram: 5100290 – 11; 51200112 – 16; 91500130 – 4; 5110390 – 3; 3150045 – 1. Optou-se por utilizar os genitores femininos de seus respectivos híbridos para esta avaliação.



Foto: Maurílio Fernandes de Oliveira

**Figura 1.** Híbridos e linhagens de milho avaliados quanto à tolerância diferencial ao nicosulfuron, dezembro 2018.

O plantio foi realizado utilizando-se seis sementes  $m^{-1}$  em parcelas constituídas de quatro linhas para os híbridos e de duas linhas para as linhagens, ambas de seis metros e espaçadas de 0,70 m. Os três híbridos sensíveis também foram semeados em duas linhas de seis metros. A adubação de plantio para híbridos e linhagens foi de  $503 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 08-28-16 + 0,1 % Zn + 0,1 % B. A adubação nitrogenada foi realizada na dosagem de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia, quando as plantas se apresentavam no estágio V4, 30/11/2018. Aplicação do herbicida nicosulfuron foi realizada nos híbridos e nas linhagens no estágio de V6 (seis folhas). Para a aplicação do herbicida em 12/12/2018 foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com  $\text{CO}_2$  contendo seis bicos tipo leque 80.03 regulado para a vazão de  $150 \text{ L ha}^{-1}$ . A capina nas parcelas da “testemunha capinada” iniciou-se em 13/12/2018, e as parcelas foram mantidas no limpo até fechamento da cultura.

As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 7, 15, 30, 45 dias após a aplicação (DAA). As avaliações foram realizadas por meio da escala visual de 1 a 9, sendo 1 ausência de sintomas e 9 morte das plantas (Frans, 1972).

<sup>1</sup> Comunicação pessoal de Fernanda Nunes Bressanini, ISKBiosciences, Indaiatuba/SP, repassada por telefone, em março de 2019.

A colheita das espigas foi realizada em 04/05/2018, nas duas fileiras centrais, para os híbridos e para as linhagens. Já para os três híbridos considerados sensíveis ao nicosulfuron, foi colhida a parcela inteira, que era constituída de duas linhas. As espigas de milho colhidas foram trilhadas, seguidamente determinou-se o teor de umidade. Com estes valores fez-se correção da umidade de grãos para 13%. A produtividade em toneladas por hectare foi analisada pelo teste F, separando-se os genótipos avaliados em híbridos e linhagens. Foram consideradas as fontes de variação genótipos, doses de herbicida e a interação genótipos x doses de herbicidas, com comparação das médias entre os híbridos e entre as linhagens pelo teste de Tukey, a 5%.

Os resultados revelaram que o nicosulfuron não causou fitotoxicidade nas linhagens e nem nos híbridos de milho, independentemente das épocas de avaliação. Todos os híbridos e as linhagens receberam nota de fitotoxicidade 1, em todas as dosagens e épocas avaliadas. Por outro lado, houve efeito significativo de genótipo de milho para os parâmetros altura de plantas, peso de espigas e produtividade ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 1). Não houve efeito significativo a 5% de probabilidade para produtividade de grãos na interação entre genótipos e doses de nicosulfuron, tanto para híbridos quanto para linhagens.

Os híbridos DKB 310, BRS 2022 e BRS 2020 (indicados como sensíveis ao nicosulfuron) apresentaram menor média de altura de plantas em relação aos demais híbridos (Tabela 1). À exceção do híbrido DKB 310 que teve maior produtividade, os outros dois híbridos apresentaram menor produtividade e menor altura de planta. Relatos de variabilidade da resposta de híbridos de milho quanto à tolerância ou não ao nicosulfuron têm sido comuns recentemente<sup>2</sup>.

Houve efeito significativo de genótipos para produtividade de grãos/sementes em linhagens ( $p \leq 0,01$ ; dados não apresentados). Este efeito indica que há diferenças significativas entre os genótipos/linhagens avaliados para produtividade de sementes, e que os tratamentos herbicidas não provocaram diferenças entre as linhagens avaliadas quanto ao rendimento de sementes.

---

<sup>2</sup> Comunicação pessoal de Fernanda Nunes Bressanini, ISKBiosciences, Indaiatuba/SP, repassada por telefone, em março de 2019.

As médias de produtividade para híbridos e linhagens encontram-se na Tabela 1. A menor média foi de 6,46 t ha<sup>-1</sup> para BRS 2020 e a maior de 12,47 kg ha<sup>-1</sup> para DKB 301 PRO2.

Para os híbridos, a produtividade de grãos não apresentou diferença estatística. A média de produtividade foi mais elevada na dosagem de 1,0 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). O híbrido experimental 1 L 1411 foi o segundo mais produtivo, após o DKB 310 PRO 2 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores da média de altura de plantas, do peso de espigas, do peso de grãos, e de produtividade de milho para híbridos e linhagens.

	Altura de Plantas	Peso de espigas	Peso de grãos	Produtividade
Híbridos	(m)	(kg)	(kg)	(t ha <sup>-1</sup> )
DKB 310 PRO 2	2,47 a1	9,99 a5	9,3 a5	12,47 a5
BRS 2022	2,38 a1	6,78 a1 a2	5,5 a1 a2	7,49 a1 a2
BRS 2020	2,39 a1	5,83 a1	4,7 a1	6,46 a1
1 L 1411	2,87 a2	9,49 a4 a5	7,8 a4	10,53 a4
1 N 1958	2,83 a2	9,00 a3 a4 a5	7,4 a3 a4	10,04 a3 a4
BRS 4105	2,78 a2	7,35 a1 a2 a3 a4	6,2 a2 a3	8,39 a2 a3
BRS 4107	2,76 a2	6,85 a1 a2 a3	5,6 a1 a2	7,70 a1 a2
102106	2,77 a2	8,54 a2 a3 a4 a5	7,1 a3 a4	9,54 a3 a4
Linhagens				
5100290 – 11	2,06 a2	2,23 a1 a2	1,7 a1 a2	2,45 a1 a2
51200112 – 16	2,00 a2	2,94 a1 a2 a3	2,3 a1 a2 a3	3,32 a1 a2 a3
91500130 – 4	1,76 a1	3,86 a3	3,2 a3	4,37 a3
5110390 – 3	1,78 a1	3,16 a2 a3	2,5 a2 a3	3,47 a2 a3
3150045 – 1	1,82 a1	2,05 a1	1,6 a1	2,30 a1

Os híbridos DKB 310, BRS 2022 e BRS 2020 apresentaram menor altura de planta em relação aos demais híbridos (Tabela 1). A exceção do híbrido DKB 310 que teve maior produtividade, os outros dois híbridos apresentaram menor produtividade e menor altura. Todavia, a redução destes parâmetros em ambos os híbridos não indica ser claramente decorrente da fitotoxicidade do nicosulfuron. Isto porque Pacheco et al. (2009) descrevem que o BRS 2022 apresentou altura de planta de 234 cm, altura espiga de 124 cm e produtivida-

de média de 7,9 t ha<sup>-1</sup>. O BRS 2020 apresentou altura média de planta de 216 cm (porte baixo) e altura de espiga de 114 cm (Selegrãos, 2014). Apesar da indicação destes híbridos como sensíveis ao nicosulfuron, neste ensaio este resultado não está claro. Isto porque para ambos os híbridos a produtividade dos tratamentos com herbicidas não diferiu da testemunha. A redução do crescimento das plantas foi observada somente no BRS 2020.

**Tabela 2.** Valores médios por dosagem do nicosulfuron para altura de plantas, peso de espigas, peso de grãos e produtividade para híbridos e linhagens de milho.

Dosagem	Altura de plantas (m)	Peso espigas (kg)	Peso grãos (kg)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
<b>Híbridos</b>				
Testemunha capinada	2,65 a	7,6 a	6,6 a	8,9 a
1,0 L ha <sup>-1</sup>	2,68 a	8,4 a	6,9 a	9,4 a
1,5 L ha <sup>-1</sup>	2,65 a	7,9 a	6,5 a	8,9 a
<b>Linhagens</b>				
Testemunha capinada	1,88 a	2,9 a	2,4 a	3,3 a
1,0 L ha <sup>-1</sup>	1,91 a	2,9 a	2,4 a	3,3 a
1,5 L ha <sup>-1</sup>	1,86 a	2,6 a	2,0 a	2,8 a

Considerando todas as linhagens avaliadas, a média de produtividade variou de 2.880,7 kg ha<sup>-1</sup> na dose 1,5 L ha<sup>-1</sup> a 3.356,3 kg ha<sup>-1</sup> na dose de 1,0 L ha<sup>-1</sup>. Este fato reforça a ausência de efeito de fitotoxicidade pelo uso de nicosulfuron para os híbridos e as linhagens.

Os resultados obtidos demonstraram que o nicosulfuron não resultou em redução na produtividade de grãos dos híbridos e na produtibilidade de sementes das linhagens.

## Agradecimentos

À Embrapa pelo suporte financeiro para a pesquisa. À empresa ISKBiosciences pela parceria. Aos técnicos agrícolas Davidson de Araújo Silva e Eduardo Elias de Faria, na implantação da experimentação em campo. Aos assistentes Marcos Vinicius Pimentel, Paulo Roberto Martins, Almir Roberto da Silva, Geraldo Marques da Silva e Valeriano Moreira de Carvalho, pelo apoio na condução da experimentação em campo.

## Referências

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.

KANG, M. S. Inheritance of susceptibility to nicosulfuron herbicide in maize. **Journal of Heredity**, 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.

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

OLIVEIRA, M. F. de; TRINDADE, R. dos S.; FURUHASHI, S.; BRESSANIN, F. N.; HEBACH, F. C. **Seletividade do nicosulfuron em linhagens e híbridos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018a. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 237).

OLIVEIRA, M. F. de; TRINDADE, R. dos S. **Seletividade do nicosulfuron em linhagens e híbridos de milho - fase II**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018b. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 246).

PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; GUIMARÃES, P. E. de O.; GAMA, E. E. G. e; MEIRELLES, W. F.; FERREIRA, A. da S.; CASELA, C. R.; SILVA, A. R.

da; GUIMARÃES, L. J. M.; ROCHA, L. M. P. da; GARCIA, J. C.; CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L. de; PAES, M. C. D.; COSTA, R. V. da. **BRS 2022**: híbrido duplo de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 174).

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina: IAPAR, 2018. 764 p.

SELEGRÃOS. **Milho BRS 2020**. 2014. Disponível em: <<http://www.selegraos.com.br/selegraos/produto.php?prod=5>>. Acesso em: 8 jul. 2020.

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](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**

*Publicação digital (2020)*

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente

*Maria Marta Pastina*

Secretário-Executivo

*Elena Charlotte Landau*

Membros

Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso  
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e  
Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto

*Antonio Claudio da Silva Barros*

Normalização bibliográfica

*Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)*

Tratamento das ilustrações

*Mônica Aparecida de Castro*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*Mônica Aparecida de Castro*

Fotos da capa

*Paulo Ribeiro, Marina Torres e André Fachini Minitti*



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

