

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 III¹

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.

¹ 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⁻¹: 0; 1,0; e 1,5 L p.c. ha⁻¹. 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 herbicida¹. 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 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16 + 0,1 % Zn + 0,1 % B. A adubação nitrogenada foi realizada na dosagem de 300 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 CO_2 contendo seis bicos tipo leque 80.03 regulado para a vazão de 150 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).

¹ 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 recentemente².

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.

² 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⁻¹ para BRS 2020 e a maior de 12,47 kg ha⁻¹ 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⁻¹ (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 ⁻¹) |
| 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⁻¹. 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 ⁻¹) |
|------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Híbridos | | | | |
| Testemunha capinada | 2,65 a | 7,6 a | 6,6 a | 8,9 a |
| 1,0 L ha ⁻¹ | 2,68 a | 8,4 a | 6,9 a | 9,4 a |
| 1,5 L ha ⁻¹ | 2,65 a | 7,9 a | 6,5 a | 8,9 a |
| Linhagens | | | | |
| Testemunha capinada | 1,88 a | 2,9 a | 2,4 a | 3,3 a |
| 1,0 L ha ⁻¹ | 1,91 a | 2,9 a | 2,4 a | 3,3 a |
| 1,5 L ha ⁻¹ | 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⁻¹ na dose 1,5 L ha⁻¹ a 3.356,3 kg ha⁻¹ na dose de 1,0 L ha⁻¹. 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

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

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

PÁTRIA AMADA
BRASIL
SOLUÇÃO TECNOLÓGICA