

Seletividade de híbridos de milho com gene *pat* ao herbicida glufosinateSelectivity of corn hybrids with *pat* gene to the ammonium-glufosinate herbicideSerleni G. Sossmeier^a, Mauro A. Rizzardi^{a*}^aPrograma de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil.

Resumo: Introdução: A cultura do milho (*Zea mays* L.) desempenha papel fundamental nas diversas cadeias produtivas dentro do agronegócio. Entre os fatores que interferem significativamente na cultura do milho as plantas daninhas merecem destaque, pois podem causar a redução de até 80% no rendimento de grãos. É fundamental encontrar alternativas de controle em pós-emergência na cultura do milho, sobretudo com o aumento de plantas daninhas resistentes ao glifosato. Assim, o herbicida glufosinate pode ser uma alternativa de controle de plantas daninhas em pós-emergência no milho.

Objetivo: Desta forma, o presente estudo tem por objetivo avaliar a resposta de híbridos de milho à diferentes doses de glufosinate aplicado em pós-emergência.

Métodos: O experimento foi conduzido na safra 2018/2019, em parcelas subdivididas, onde a parcela principal correspondeu aos híbridos e as subparcelas as doses de glufosinate. As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 7, 14, 21 dias após a aplicação do herbicida, e o rendimento de grãos avaliado no final do ciclo da cultura.

Resultados: As avaliações de fitotoxicidade demonstram que os híbridos apresentam rápida recuperação da injúria causada pelo herbicida.

Conclusões: Os híbridos de milho 30F53 VYHR, P3016 VYHR, NK422 VIP3, NK505 VIP3, Maximus VIP3, P1680 VYH, 32R48 VYHR, BG7318 VYHR, NK488 VIP3 (todos com gene *pat*), apresentam alta tolerância à aplicação em pós-emergência de glufosinate até a dose máxima de 1600 g i.a ha⁻¹. Apesar da injúria visual observada nas doses mais altas, não houve impacto na produtividade de grãos e nas demais variáveis de desempenho agrônomo avaliadas.

Palavras-chave: fitotoxicidade, produtividade, *Zea mays* L.

Abstract: Background: Corn (*Zea mays* L.) cultivation plays a fundamental role in the various production chains within agribusiness. Among the factors that significantly interfere with corn cultivation, weeds deserve to be highlighted, as they can cause a reduction of up to 80% in grain yield. It is essential to find post-emergence control alternatives in corn crops, especially with the increase in weeds resistant to glyphosate. Thus, the herbicide glufosinate-ammonium can be an alternative for control weeds in post-emergence in corn.

Objective: Therefore, the present study aims to evaluate the response of corn hybrids to different doses of glufosinate-ammonium applied in post-emergence.

Methods: The experiment was conducted in the 2018/2019 harvest, in subdivided plots, where the main plot corresponded to the hybrids and the subplots to the doses of glufosinate-ammonium. Phytotoxicity assessments were carried out 7, 14, 21 days after application of the herbicide, and grain yield was evaluated at the end of the crop cycle.

Results: Phytotoxicity assessments demonstrate that the hybrids show rapid recovery from the injury caused by the herbicide.

Conclusions: The corn hybrids 30F53 VYHR, P3016 VYHR, NK422 VIP3, NK505 VIP3, Maximus VIP3, P1680 VYH, 32R48 VYHR, BG7318 VYHR, NK488 VIP3 (all with *pat* gene), show high tolerance to post-emergence application of glufosinate up to a maximum dose of 1600 g ai ha⁻¹. Despite the visual injury observed at the highest doses, there was no impact on grain productivity and other agronomic performance variables evaluated.

Keywords: phytotoxicity, productivity, *Zea mays* L.

Journal Information:

ISSN: 2763-8332

Website: <https://www.weedcontroljournal.org/>

Jornal da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Como citar: Sossmeier SG, Rizzardi MA. Seletividade de híbridos de milho com gene *pat* ao herbicida glufosinate. Weed Control J. 2023;22:e202300762.

<https://doi.org/10.7824/wcj.2023;22:00762>

Aprovado por:

Editor-Chefe: Daniel Valadão Silva

Editores Associados: Bruno Lessa e Hamurábi Lins

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses em relação à publicação deste manuscrito.

Recebido: Julho 27, 2021

Aprovado: Novembro 6, 2023

* Corresponding author:

<rizzardi@upf.br>



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Copyright: 2023

1. Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L.) desempenha papel fundamental nas diversas cadeias produtivas dentro do agronegócio brasileiro, sendo cultivado em quase todas as regiões (Galon et al., 2020). O milho é matéria-prima para a indústria, na conversão para alimentos, bebidas, bioenergia e derivados, mas a maior parte é empregada diretamente na cadeia produtiva de suínos e aves, consumindo entre 70 e 80% de todo o milho produzido no país (Rodrigues e Almeida, 2018). Além da sua importância econômica e social, a cultura do milho é considerada uma grande ferramenta no sistema de rotação de culturas (Bono et al., 2008).

O rendimento de grãos de milho pode ser afetado por diversos fatores, um dos mais importantes é a interferência de plantas daninhas. A presença de plantas daninhas causa a redução da produção e na qualidade de grãos (Widayat et al., 2019). A competição com plantas daninhas no milho reduz o rendimento de 20 a 80% (Wahyudin et al., 2016). Isso porque as plantas de milho são muito sensíveis a competição nos estádios iniciais de crescimento (Cerrudo et al., 2012). O uso de herbicidas surge como uma ferramenta de manejo para solução desse problema (Galon et al., 2018). A utilização de herbicidas é prática comum, devido ao baixo custo e eficiência no controle (Rizzardi e Fleck, 2004).

Na cultura do milho, o glufosinate de amônio geralmente é empregado na dessecção pré-semeadura ou utilizado em pulverização direcionada (Galon et al., 2020). O glufosinate é um herbicida aplicado em pós-emergência das plantas daninhas, caracterizado pela ação de contato e pelo amplo espectro de ação (Rodrigues e Almeida, 2018). É o único herbicida que inibe a enzima glutamina sintetase (GS) que é essencial para a assimilação de nitrogênio. A partir do bloqueio da GS, ocorre a inibição da síntese de aminoácidos e, conseqüentemente, de proteínas (Takano et al., 2020; Takano e Dayan, 2020). A inibição da GS aumenta rapidamente os níveis de espécies reativas de oxigênio, que são extremamente

fitotóxicas, e ocasionam a perda da integridade da membrana devido à peroxidação lipídica (Takano et al., 2019). Plantas suscetíveis ao glufosinate apresentam amarelecimento das folhas e demais tecidos verdes, seguido de murchamento e morte (Takano et al., 2020).

Por outro lado, o milho geneticamente modificado exibe eventos que proporcionam o emprego dos herbicidas glufosinate de amônio, glifosato, 2,4-D e haloxyfop-metil em pós-emergência da cultura (Krenchinski et al., 2019). A tolerância ao glufosinate está relacionada a inserção do gene *pat* de *Streptomyces viridochromogenes*. O gene *pat* ao ser transcrito na planta produz a enzima fosfinotricina acetiltransferase (PAT), que transforma o glufosinate em N-acetil-L-glufosinato, composto que não é tóxico para as plantas (Hérouet et al., 2005; Silva et al., 2017).

Entretanto, os híbridos de milho tolerantes ao glufosinate apresentam diferentes níveis de resistência (Krenchinski et al., 2018). A seletividade é a resposta diferencial da cultura a aplicação de um herbicida, podendo ou não sofrer danos. Está ligada a capacidade de recuperação da planta após a aplicação do herbicida, podendo apresentar intensidades diferentes de acordo com a cultura, as condições

de aplicação e o estado fisiológico e morfológico da planta (Carvalho et al., 2009). Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a resposta de híbridos de milho contendo o gene *pat* submetidos a diferentes doses de glufosinate. Espera-se que os híbridos de milho apresentem a capacidade de se recuperar da fitotoxicidade causada pelo glufosinate aplicado em estágio inicial de desenvolvimento da cultura.

2. Material e métodos

A pesquisa foi realizada no período de setembro de 2018 a abril de 2019, em área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (FAMV/UPF), sob as coordenadas 28°15'40" sul e 52°24'30" oeste, e a 690 metros de altitude. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico húmico, apresentando textura argilosa. As condições climáticas ocorridas no período do estudo são demonstradas na Figura 1.

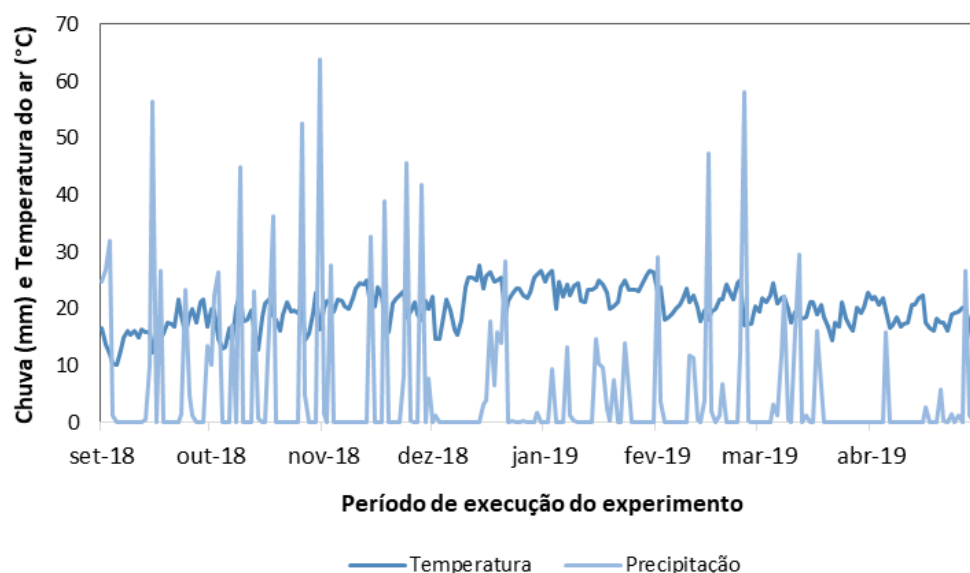


Figura 1. Chuva (mm) acumulada e temperatura do ar (°C) média no período de execução do experimento. RS, Brasil. Fonte: INMET.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições, distribuídos em parcelas subdivididas, sendo que na parcela principal encontravam-se os híbridos e nas subparcelas as doses do herbicida. Os tratamentos consistem nas doses de glufosinate (Finale®, 200 L⁻¹ g i.a., SL, BASF) que foram 0; 400; 800; 1600 g i.a. ha⁻¹. Já os híbridos utilizados foram: 30F53 VYHR; P3016 VYHR; NK422 VIP3; NK505 VIP3; Maximus VIP3 que têm ciclo precoce, chegando a maturação fisiológica com 150 a 165 dias; e P1680 VYH; 32R48 VYHR; BG7318 VYHR; NK488 VIP3 que apresentam ciclo super precoce, necessitando de 116 a 128 dias para atingir a maturação fisiológica. Todos os híbridos são tolerantes ao glufosinate devido a inserção do gene *pat*.

As parcelas apresentavam 4 linhas de semeadura com espaçamento de 0,45 m entre elas e 4 m de comprimento,

totalizando 7,2 m² por parcela. As doses do herbicida foram aplicadas, quando a cultura apresentava 4 folhas (estádio V4), usando o equipamento pressurizado com CO₂ (gás carbônico), com barra de cinco pontas, distanciadas entre si por 0,50 metros e 0,50 metros acima do alvo (extremidade das plantas), pontas série 110.05 jato plano e com uma vazão de aplicação de 150 L ha⁻¹.

As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 07, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA). Para tanto, foi utilizada a escala visual de 0 a 100%, onde 0 (zero) significa nenhum sinal visível de fitotoxicidade e 100% refere-se a morte total da planta (Velini et al., 1995). A redução de estatura foi avaliada no estágio de desenvolvimento R6, através da medição da superfície do solo até o ponto de inserção da espiga e do pendão em 10 plantas selecionadas ao acaso em cada parcela. A avaliação da produtividade final foi

realizada a partir da colheita manual das duas linhas centrais ao longo da extensão das parcelas, contabilizando uma área útil de 3,6 m², e correção da umidade de grãos para o teor de 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. A normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias foi verificada pelo teste de Bartlett. Com as conformidades obtidas e quando houve significância, as médias foram testadas por Tukey, a 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

3. Resultados e discussão

Todas as avaliações realizadas apresentaram interação significativa entre os híbridos e as doses de glufosinate ($p > 0,001$). De maneira geral, os híbridos apresentaram baixos níveis de fitotoxicidade nas avaliações aos 7, 14 e 21 DAA. Contudo, alguns híbridos demonstraram danos visuais nas doses mais altas (800 e 1.600 g ha⁻¹ i.a.) em todas as avaliações. Em estudo avaliando a aplicação de glufosinate em mistura e isolado em híbridos de milho com a tecnologia

LibertyLink® (LL), Galon et al. (2020) observaram fitotoxicidade inferior a 5% nas avaliações aos 14 DAA, e nenhum dano visual aos 21 DAA. Estes autores afirmam que glufosinate aplicado isoladamente em milho LL não ocasiona sintomas de fitotoxicidade, mas a associação com outros herbicidas reduz a seletividade.

O híbrido P3016 foi o que apresentou fitotoxicidade mais severa na maior dose do herbicida 32%, 18% e 7% aos 7, 14 e 21 DAA, respectivamente, em comparação com os demais híbridos. Os híbridos 30F53, BG7318 e NK488 apresentaram a menor fitotoxicidade na maior dose do herbicida 7%, 7% e 8%, respectivamente, aos 7 DAA em comparação com os demais híbridos. Da mesma forma, aos 14 DAA estes híbridos não apresentaram mais nenhum sintoma de fitotoxicidade (Tabela 1). Em avaliações visuais aos 28 DAA de glufosinate + nicosulfuron foram observados danos de 17,3% e 9% para os híbridos FS505 e FS715, respectivamente (Wehrmeister et al., 2022). A seletividade do herbicida à cultura pode ser influenciada pela cultivar, pelo estágio de desenvolvimento das plantas, pelas doses do herbicida, pelas condições climáticas e pelas condições físicas e químicas do solo (Galon et al., 2020).

Tabela 1. Fitotoxicidade aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) das doses do herbicida glufosinate em híbridos de milho.

Híbridos	Doses de Glufosinate (g ha ⁻¹ i.a.)			
	0	400	800	1.600
Fitotoxicidade 7 DAA				
30F53	0 aA	0 cA	6 dA	7 eA
P1680	0 aC	9 abcB	18 bcA	21 bcA
32R48	0 aC	16 aB	23 abAB	24 abA
P3016	0 aC	11 abB	30 aA	32 aA
BG7318	0 aB	5 bcAB	8 dA	7 eAB
NK488	0 aB	6 bcAB	6 dAB	8 deA
NK422	0 aB	0 cB	8 dA	12 cdeA
Maximus	0 aB	3 bcB	13 cdA	17 bcdA
NK505	0 aC	1 cBC	8 dAB	13 cdeA
CV Híbridos	52,75 %			
CV Doses	45,86 %			
Fitotoxicidade 14 DAA				
30F53	0 aA	0 bA	0 dA	0 dA
P1680	0 aB	1 abB	11 bcA	12 abA
32R48	0 aC	6 aB	12 bA	14 aA
P3016	0 aB	3 abB	20 aA	18 aA
BG7318	0 aA	0 bA	0 dA	0 dA
NK488	0 aA	0 bA	0 dA	0 dA
NK422	0 aB	0 bB	0 dB	6 cdA
Maximus	0 aB	1 abB	6 cA	8 bcA
NK505	0 aB	0 bB	0 dB	7 bcA
CV Híbridos	84,66 %			
CV Doses	70,41 %			
Fitotoxicidade 21 DAA				
30F53	0 aA	0 aA	0 cA	0 eA
P1680	0 aB	0 aB	3 bcA	4 bcA
32R48	0 aB	0 aB	5 abA	5 abA
P3016	0 aB	0 aB	6 aA	7 aA
BG7318	0 aA	0 aA	0 cA	0 eA
NK488	0 aA	0 aA	0 cA	0 eA
NK422	0 aA	0 aA	0 cA	2 cdeA
Maximus	0 aB	0 aB	3 bcA	1 deAB
NK505	0 aB	0 aB	0 cB	3 bcdA
CV Híbridos	129,34 %			
CV Doses	112,96 %			

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha para comparação de doses e minúscula na coluna para comparação de híbridos, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Para a variável inserção de espiga os híbridos P3016, Maximus e NK505 demonstraram medidas de inserção de espiga superior nas doses mais altas (800 e 1600 g i.a. ha⁻¹) em comparação as doses menores (Tabela 2). Já o híbrido NK422, apresentou altura de inserção de espiga maior na dose 400 g i.a ha⁻¹ e menor nas dose zero e 800 g i.a ha⁻¹. Os demais híbridos mantiveram a inserção da espiga constante em todas as doses, não apresentando diferenças significativas

(Tabela 2). A altura de inserção da espiga não foi afetada pela aplicação de glufosinate isolado e em associação com outros herbicidas em híbrido de milho LL (Galon et al., 2020). O híbrido 2B810PW tolerante ao glufosinate pela inserção do gene *pat*, não apresentou alterações na altura de inserção de espiga e altura de planta após exposição a aplicação de glufosinate isolado e em mistura (Krenchinski et al., 2020).

Tabela 2. Altura de inserção da espiga (cm) de híbridos de milho em função das doses do herbicida glufosinate.

Híbridos	Doses de Glufosinate (g ha ⁻¹ i.a.)			
	0	400	800	1.600
30F53	129 aA	126 aA	127 aA	127 aA
P1680	117 bA	115 abcA	118 abA	116 abcdA
32R48	121 abA	122 abA	122 abA	122 abcA
P3016	113 bcB	116 abcAB	120 abA	119 abcdA
BG7318	110 bcA	113 bcA	110 bcA	111 cdA
NK488	112 bcA	115 abcA	115 abcA	114 bcdA
NK422	104 cB	109 cA	103 cB	107 dAB
Maximus	112 bcB	115 abcB	122 abA	125 abA
NK505	103 cC	110 bcB	116 abA	116 abcdA
CV Híbridos	25,47 %			
CV Doses	6,49 %			

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha para comparação de doses e minúscula na coluna para comparação de híbridos, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Na avaliação de inserção do pendão, o híbrido P1680 foi o único que não apresentou diferenças entre as doses de glufosinate. Os híbridos 32R48, P3016, BG7318, NK422 e NK505 exibiram maior altura do pendão nas doses mais elevadas, em comparação as doses mais baixas. Já os híbridos

NK488 e Maximus demonstraram inserção do pendão superior na dose de 800 g i.a ha⁻¹, em comparação as demais doses. Enquanto que 30F53 alcançou inserção do pendão superior nas doses zero e 800 g i.a ha⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de inserção do pendão (cm) de híbridos de milho em função das doses do herbicida glufosinate.

Híbridos	Doses de Glufosinate (g ha ⁻¹ i.a.)			
	0	400	800	1.600
30F53	238 aA	228 aB	238 abA	231 abB
P1680	222 abcA	220 aA	225 abcA	223 abA
32R48	227 abB	225 aB	234 abcA	228 abAB
P3016	222 abcC	226 aBC	234 abcA	230 abAB
BG7318	226 abB	227 aB	225 abcB	236 aA
NK488	228 abC	237 aAB	244 aA	234 abBC
NK422	213 bcB	225 aA	223 bcA	219 abAB
Maximus	220 abcB	224 aB	232 abcA	225 abB
NK505	206 cB	215 aA	218 cA	216 bA
CV Híbridos	21,38 %			
CV Doses	5,64 %			

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferem entre colunas e letras minúsculas diferem entre linhas.

Os híbridos de milho 30F53, P1680, P3016, NK488 e NK505 não apresentaram diferenças significativas no rendimento de grãos nas doses de glufosinate de amônio testadas. Entretanto, os híbridos 32R48, BG7318 e Maximus exibiram aumento no rendimento de grãos de milho nas doses maiores, 800 e 1600 g i.a. ha⁻¹, em comparação as menores doses, 0 e 400 g i.a. ha⁻¹ (Tabela 4). O uso de glufosinate em milho tolerante não ocasionou efeitos negativos aos componentes de rendimento e a produtividade de grãos (Albrecht et al. 2022; Galon et al., 2020; Krenchinski et al., 2020; Wehrmeister et al., 2022), apesar de

algumas associações de herbicidas apresentarem maiores danos visuais e maior acúmulo de amônia (Krenchinski, et al., 2019). Assim, é possível afirmar que o milho tem capacidade de se recuperar e manter a produtividade, características relevantes para a difusão e aceitação da tecnologia entre os agricultores (Galon et al., 2020). Contudo, é necessário observar o híbrido e a tecnologia transgênica empregada, pois a expressão do gene *pat* pode variar de acordo com a marca registrada do híbrido, de modo que híbridos com maior expressão do gene *pat* demonstram maior tolerância ao glufosinate (Krenchinski et al., 2019; 2020).

Tabela 4. Rendimento de grãos de híbridos de milho (kg ha⁻¹) em função das doses do herbicida glufosinate.

Híbridos	Doses de Glufosinate (g ha ⁻¹ i.a.)			
	0	400	800	1.600
30F53	9454 aA	9014 abcA	10028 aA	9384 abA
P1680	8343 abA	9361 abA	10768 aA	8440 bcdA
32R48	8921 aB	8912 abcB	11407 aA	9521 abAB
P3016	9685 aA	10486 aA	9528 abA	11519 aA
BG7318	3981 cB	6389 cdAB	6750 bcA	5130 eAB
NK488	8250 abA	7278 bcdA	6894 bcA	5958 deA
NK422	5741 bcAB	7191 bcdA	4625 cdB	6495 cdeAB
Maximus	3107 cC	5722 dAB	3703 dBC	6292 cdeA
NK505	9671 aA	9361 abA	9403 abA	8889 abcA
CV Híbridos	15,15 %			
CV Doses	16,60 %			

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha para comparação de doses e minúscula na coluna para comparação de híbridos, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

A taxa máxima recomendada para a aplicação de glufosinate em pós-emergência em milho tolerante é de 600 g i.a. ha⁻¹ (Rodrigues e Almeida, 2018). No entanto, doses acima da taxa recomendada são eventualmente utilizadas em condições de campo. Visando investigar a seletividade a tais doses, o presente estudo empregou doses de até 1600 g i.a. ha⁻¹. Neste contexto, os híbridos demonstraram seletividade as doses utilizadas, sem efeitos negativos a produtividade da cultura. Este fato também foi relatado para a aplicação de 1000 g i.a. ha⁻¹ em híbridos com diferentes tecnologias transgênicas, onde ocorreram lesões visuais nas doses mais elevadas, mas sem efeitos ao rendimento (Albrecht et al., 2022). Entretanto, é importante destacar que, apesar de não ocasionar impacto na produtividade de grãos de milho, taxas acima da bula apresentam maior potencial de causar prejuízos (Albrecht et al., 2022).

Analisando o comportamento dos híbridos na dose zero do herbicida, 30F53, P1680, 32R48, P3016, NK488 e NK505 obtiveram os maiores rendimentos, demonstrando menor sensibilidade à competição com as plantas daninhas (Tabela 4). O menor rendimento de grãos de milho na testemunha sem controle também foi observada por Widayat et al. (2019), que obtiveram a menor produtividade (4,25 t ha⁻¹) no tratamento que competiu com as plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura. Fato semelhante ao observado por Krenchinski et al. (2019), que relataram

redução de 20% na produtividade de grãos de milho devido a interferência de plantas daninhas na testemunha sem capina.

O milho tolerante ao glufosinate pode resistir até três vezes à dosagem recomendada (Krenchinski et al., 2020). Deste modo, o herbicida glufosinate pode ser uma importante ferramenta no manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho, principalmente da família Poaceae (Albrecht et al., 2022). Contudo, para evitar a seleção de biótipos resistentes a herbicidas, a mistura de herbicidas e a rotação de mecanismos de ação são práticas recomendadas (Galon et al., 2020). Também é importante considerar a interação entre ambiente, cultura e produto na recomendação da aplicação de herbicidas. Assim como, todos os aspectos intrínsecos a estes fatores, como a dose do herbicida, o estágio de aplicação e a sensibilidade do híbrido (Wehrmeister et al., 2022).

Para a correta avaliação de seletividade das culturas a herbicidas é importante a comparação dos tratamentos com uma testemunha positiva (capina manual) e outra negativa (sem controle). Neste sentido, o presente estudo pecou em não ter entre seus tratamentos uma testemunha capinada, por se tratar de uma avaliação de seletividade. Desta forma, os autores recomendam a repetição do estudo com a introdução de um controle positivo, a fim de evitar um possível erro experimental.

4. Conclusões

Os híbridos de milho 30F53 VYHR, P3016 VYHR, NK422 VIP3, NK505 VIP3, Maximus VIP3, P1680 VYH, 32R48 VYHR, BG7318 VYHR, NK488 VIP3 (todos com gene *pat*), apresentam alta tolerância à aplicação em pós-emergência de glufosinate até a dose máxima de 1600 g i.a ha⁻¹. Apesar da injúria visual observada nas doses mais altas, não houve impacto na produtividade de grãos e

nas demais variáveis de desempenho agrônomo avaliadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas.

Referências

- Albrecht AJP, Silva AFM, Krenchinski FH, Albrecht LP, Giovanelli BF, Wobeto KS, et al. Growth, development, and chlorophyll indexes of glyphosate and glufosinate-tolerant maize under herbicide application. *Agron. Colomb.* 2022;40(1):41-8. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v40n1.99136>
- Bono JAM, Rodrigues APDC, Mauad M, Albuquerque JC, Yamamoto CR, Chermouth KS, et al. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. *Agrarian.* 2008;1(2):91-102. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/258>
- Carvalho SJP, Nicolai M, Ferreira RR, Figueira AVO, Christoffoleti PJ. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. *Sci. Agric.* 2009;66(1):136-42. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100020>
- Cerrudo D, Page ER, Tollenaar M, Stewart G, Swanton CL. Mechanisms of yield loss in maize caused by weed competition. *Weed Sci.* 2012;60(2):225-32. Disponível em: <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00127.1>
- Galon L, de David FA, Forte CT, WR Júnior F, Radunz AL, Kujawinski R, et al. Chemical management of weeds in corn. *Weed Biol. Manag.* 2018;18(1):26-40. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/wbm.12141>
- Galon L, Silva MR, Silva AF, Menegat AD, Pawelkiewicz R, Brunetto L, et al. Weed control in "LL" maize tolerant to glufosinate-ammonium. *Rev. Bras. Milho Sorgo.* 2020;19(e1194):1-16. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/rbms2020v19e1194>
- Hérouet C, Esdaile DJ, Mallyon BA, Debruyne E, Schulz A, Currier T, et al. Safety evaluation of the phosphinothricin acetyltransferase proteins encoded by the *pat* and *bar* sequences that confer tolerance to glufosinate-ammonium herbicide in transgenic plants. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2005;42(2):134-49. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2004.11.002>
- Krenchinski FH, Albrecht AJP, Cesco VJS, Rodrigues DM, Pereira VGC, Albrecht LP, et al. Post-emergent applications of isolated and combined herbicides on corn culture with *cp4-epsps* and *pat* genes. *Crop Prot.* 2018;106:156-62. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.016>
- Krenchinski FH, Cesco VJS, Castro EB, Carbonari CA, Velini ED. Ammonium glufosinate associated with post-emergence herbicides in corn with the *CP4-EPSPs* and *pat* genes. *Planta Daninha.* 2019;37(e19184453):1-10. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100042>
- Krenchinski FH, Giovanelli BF, Albrecht AJP, Albrecht LP, Pereira VGC, Carbonari CA, et al. Are glyphosate and glufosinate-ammonium totally selective for transgenic maize containing the *CP4-EPSPs* and *pat* genes? *Rev. Bras. Milho Sorgo.* 2020;19(e1154):1-14. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/rbms2020v19e1154>
- Rizzardi MA, Fleck NG. Métodos de qualificação da cobertura foliar da infestação de plantas daninhas e da cultura da soja. *Cienc. Rural.* 2004;34:13-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000100003>
- Rodrigues BN, Almeida FD. Guia de herbicidas. 7ª Edição. Londrina: Ed. Authors; 2018.
- Silva AFM, Albrecht AJP, Giovanelli GA, Damião VW, Albrecht LP, Victoria-Filho R. Seletividade de herbicidas isolados e em associações para milho RR2/LL. *Rev. Bras. Herbicidas.* 2017;16(1):60-6. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i1.509>
- Takano HK, Beffa R, Preston C, Westra P, Dayan FE. Reactive oxygen species trigger the fast action of glufosinate. *Planta.* 2019;249(6):1837-49. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03124-3>
- Takano HK, Beffa R, Preston C, Westra P, Dayan FE. A novel insight into the mode of action of glufosinate: how reactive oxygen species are formed. *Photosyn. Res.* 2020;144(3):361-72. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11120-020-00749-4>
- Takano HK, Dayan FE. Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge. *Pest Manag. Sci.* 2020;76(16):3911-25. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.5965>
- Velini ED, Osipe R, Gazziero DL. (Coord.). Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD; 1995.
- Wahyudin A, Ruminta S, Nursaripah A. Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) toleran herbisida akibat pemberian berbagai dosis herbisida kalium glifosat. *Jur*

Kultivasi. 2016;15(2):86-91. Disponível em: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v15i2.11867>

Wehrmeister R, Albrecht AJP, Albrecht LP, Silva AFM, Kashivaqui ESF. Glufosinate, nicosulfuron and combinations in the performance of maize hybrids with the *pat* gene. Rev. Ciênc. Agron. 2022;53(e20218175):1-8. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220046>

Widayat D, Sumekar Y, Wahyudin A, Yuwariah Y, Farida C. Effect of various dosage of ammonium glufosinate herbicide on suppressing weeds and growth and yield of corn. J. Res. Weed Sci. 2019;2(2):90-102. Disponível em: <https://doi.org/10.26655/jrweedsci.2019.3.1>