

Primeiro caso de resistência cruzada de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) a inibidores da ACCase no Estado do Paraná

First report of cross-resistance of goosegrass (*Eleusine indica*) to ACCase inhibitors in Paraná

Mateus Luiz de Oliveira Freitas (ORCID 0000-0001-7148-7168), Ana Paula Werkhausen Witter* (ORCID 0000-0003-0524-5149), Daniel Nalin (ORCID 0000-0001-6762-2216), Ana Karoline Silva Sanches (ORCID 0000-0002-0326-6563), Rubem Silvério de Oliveira Junior (ORCID 0000-0002-5222-8010), Denis Fernando Biffe (ORCID 0000-0002-2036-3429), Jamil Constantin (ORCID 0000-0001-6610-699X), Lucas Granzioli (ORCID 0000-0003-4367-3531)

Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil. Autor para correspondência: anapaulawerkhausenwitter@gmail.com

Submissão: 01/08/2023 | Aceite: 09/10/2023

RESUMO

O capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) é uma planta que vem causando muitos problemas no Brasil, principalmente pela dificuldade de controle químico nas áreas de produção de grãos. O objetivo deste trabalho foi investigar a possível ocorrência de resistência cruzada a herbicidas inibidores da ACCase (enzima acetil-CoA carboxilase) numa população proveniente de Paranacity (PR). Os herbicidas avaliados foram fluazifop-p-butyl; quizalofop-p-ethyl, haloxyfop-p-methyl, sethoxydim e clethodim. Foram construídas curvas de dose-resposta em casa de vegetação em experimentos com delineamentos inteiramente casualizados em esquema fatorial 9x2 com quatro repetições. Os níveis do primeiro fator correspondem às doses de cada herbicida e os níveis do segundo fator referem-se aos biótipos susceptível e suspeito de resistência. As doses selecionadas corresponderam a: 0; 1/16; 1/8; 1/4; 1/2; 1; 2; 4; e 8 vezes a dose de bula de cada herbicida e todos os herbicidas foram aplicados em plantas no estágio de um perfilho. Os resultados mostraram que o biótipo proveniente de Paranacity foi suscetível ao clethodim e ao quizalofop-p-ethyl, mas apresentou dificuldade de controle com a utilização de fluazifop-p-butyl, haloxyfop-p-methyl e sethoxydim. O fator de resistência para estes herbicidas foi determinado em 10,66; 5,64; e 9,80 respectivamente. O biótipo de *Eleusine indica* proveniente de Paranacity foi caracterizado como resistente a fluazifop-p-butyl, haloxyfop-p-methyl e sethoxydim, constituindo o primeiro caso de resistência cruzada aos inibidores da ACCase no estado do Paraná.

PALAVRAS-CHAVE: dose-resposta; fator de resistência; graminicidas; herbicida.

ABSTRACT

Goosegrass (*Eleusine indica*) is a plant that has caused many problems in Brazil, mainly due to the problems associated to chemical control in grain producing areas. The objective of this work was to investigate the eventual cross-resistance to ACCase (acetyl-CoA carboxylase enzyme) inhibitor herbicides in a biotype collected in Paranacity (PR). Herbicides evaluated included fluazifop-p-butyl; quizalofop-p-ethyl, haloxyfop-p-methyl, sethoxydim and clethodim. Dose-response curves were elaborated under greenhouse conditions using completely randomized design trials in a 9x2 factorial scheme with four replicates. The levels of the first factor correspond to the nine doses of each herbicide and the levels of the second factor refer to the susceptible and suspected resistance biotypes. The selected doses corresponded to 0; 1/16; 1/8; 1/4; 1/2; 1; 2; 4; and 8 times the labeled dose for each herbicide and all herbicides were applied at the stage of one tiller. The results indicated that the Paranacity biotype was susceptible to clethodim and quizalofop-p-ethyl, however, it was poorly controlled by fluazifop-p-butyl, haloxyfop-p-methyl and sethoxydim. The resistance factor for these herbicides were determined to be 10.66; 5.64; and 9.8, respectively. The biotype from Paranacity was characterized as resistant to fluazifop-p-butyl, haloxyfop-p-methyl and sethoxydim, constituting the first case of cross-resistance to ACCase inhibitors in the state of Paraná.

KEYWORDS: dose-response; resistance factor; graminicide; herbicides.

INTRODUÇÃO

A alta incidência de plantas daninhas em áreas agricultáveis é um dos fatores mais significativos na redução do potencial produtivo das culturas agrícolas, por efeitos diretos e indiretos. A interferência causada

por meio da competição ou da alelopatia pode resultar na diminuição do rendimento da cultura e conseqüentemente em menores lucros. As plantas daninhas podem ainda servir como hospedeiras para doenças e pragas e trazerem complicações durante a colheita em especial *Eleusine indica* (OLIVEIRA 2020). O capim-pé-de-galinha é uma gramínea entouceirada, que se desenvolve facilmente em todo o território nacional, possuindo um sistema radicular muito bem desenvolvido, sendo uma das principais infestantes de solos compactados como em áreas de plantio direto (MOREIRA & BRAGANÇA 2010, LORENZI 2000).

O uso de herbicidas permite que o produtor, em pouco tempo de serviço, realize a eliminação das plantas daninhas e ainda disponibilize a mão de obra para outra atividade dentro da propriedade agrícola (SOUZA et al. 2014). No entanto, o uso recorrente das mesmas alternativas de controle químico sem a adoção de práticas alternativas de manejo, é a principal causa da seleção e dispersão de populações de plantas daninhas resistentes aos herbicidas (VARGAS et al. 2016).

Tratando-se do controle de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) em pós-emergência, o glyphosate e os inibidores da ACCase são as duas ferramentas mais importantes e mais efetivas (NUNES 2020), principalmente por aspectos relacionados à seletividade e ao caráter sistêmico de ambos. O primeiro caso de resistência a inibidores da ACCase em capim-pé-de-galinha foi registrado em 1990 na Malásia, onde também foi encontrado o primeiro caso de resistência múltipla aos inibidores da ACCase e aos inibidores da EPSPs em 1997, sendo este também o primeiro caso de resistência registrada nesta espécie para inibidores da EPSPs (HEAP 2023). No Brasil, o histórico de casos mais relevantes para esta espécie indica que o primeiro caso de resistência foi registrado em 2003 para os herbicidas fenoxaprop, cyhalofop, propaquizafop, butoxydim e sethoxydim (VIDAL et al. 2006). Em 2016, foi reportado o primeiro caso de resistência para inibidores da EPSPs (glyphosate) (TAKANO et al. 2017) e, mais recentemente, o primeiro caso de resistência múltipla aos inibidores da EPSPs (glyphosate) e da ACCase (haloxyfop-methyl e fenoxaprop-ethyl) (CORREIA et al. 2022).

Atualmente, a regiões produtora do Brasil apresenta muitos problemas de falta de controle para inibidores de ACCase (clethodim e haloxyfop-p-methyl) sendo observado um maior número problemas para os herbicidas FOP em relação ao DIMs (NUNES 2020). Esses problemas são encontrados principalmente nas regiões produtoras de soja e algodão (ANDRADE JR 2018). O motivo pelo qual um herbicida é utilizado em determinado país ou região está diretamente ligada com as necessidades do produtor rural. Nesse caso, os graminicidas, são fundamentais no manejo de milho RR[®] (resistente ao glyphosate) voluntário na cultura da soja ou no manejo de biótipos de capim-amargoso ou de capim-pé-de-galinha resistentes ao glyphosate (GEMELLI et al. 2012, TAKANO et al. 2017, TAKANO et al. 2021). No entanto, até o momento o Paraná não há nenhum caso registrado de resistência a ACCase para *Eleusine indica*.

Para uma caracterização inicial de um possível biótipo de planta daninha resistente, recomenda-se realizar o experimento de curva de dose-resposta sob condições controladas, com o uso de plantas inteiras (GAZZIERO et al. 2008). As vantagens desse experimento, é possível testar um grande número de plantas, com suspeita de resistência de forma mais rápida sendo patronizado em todo território nacional. Dessa forma, SBCPD (2018) criou dez passos para relatar novos casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas em todo o território nacional. Diante disso, para cada novo relato de resistência deve ser seguido esses dez passos.

Considerando a importância do manejo químico para o controle do capim-pé-de-galinha no Brasil, o objetivo deste trabalho foi investigar a possível resistência de um biótipo de *Eleusine indica* coletado em Paracity (PR) a herbicidas inibidores da ACCase.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das sementes

As sementes do capim-pé-de-galinha com suspeita de resistência foram coletadas no Sítio Bavaria, no município de Paracity-PR (22°56'31"S 52°06'34"O) no estádio de maturação após a aplicação de herbicidas na cultura da soja, no ano de 2021. As amostras foram compostas por cinco a dez plantas de um mesmo local. Após a coleta, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel e identificadas quanto às coordenadas geográficas, o nome do produtor e/ou propriedade, o município e a data de coleta. As sementes das plantas susceptíveis foram obtidas junto a Cosmos Agrícola Produção e Serviços Rurais Ltda. Foram utilizados, portanto, um biótipo com suspeita de resistência (PCY) e um biótipo reconhecidamente susceptível (SUS).

Condução dos experimentos

Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação no Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá, em Maringá (PR) (23°25'00"S, 52°57'05"O, altitude de 542 metros), no período entre novembro e dezembro de 2021. A irrigação foi mantida na casa-de-vegetação com volume diário de 6 – 8 mm.

As sementes foram semeadas em bandejas de plástico (10 x 6 x 2 cm) a 0,2 cm de profundidade, para a obtenção de mudas em células com o substrato Carolina Soil®, as quais, após emissão das primeiras folhas, foram transplantadas. As unidades experimentais foram compostas por vasos de 0,5 dm³, contendo solo peneirado e apenas uma planta por unidade experimental. As principais características químicas e granulométricas do solo eram pH (CaCl₂) = 5,6; CTC=10,88 mg dm⁻³; MO = 2,42%; areia = 45%; silte = 6% e argila= 49%.

As aplicações dos tratamentos herbicidas foram realizadas em pós-emergência, quando as plantas de capim-pé-de-galinha dos dois biótipos alcançaram o estágio de um perfilho.

Os herbicidas utilizados foram: fluazifop-p-butyl; sethoxydim; clethodim; quizalofop-p-ethyl e haloxyfop-p-methyl, aplicando-se, para cada um deles, nove doses, sendo elas: 0; 1/16; 1/8; 1/4; 1/2; 1; 2; 4; e 8 vezes a dose preconizada nas bulas de cada herbicida (Tabela 1).

Tabela 1. Doses de cada herbicida utilizadas para elaboração das curvas dose-resposta.

Table 1. Doses of each herbicide used for the preparation of dose-response curves.

Herbicida	Submúltiplos e múltiplos da dose recomendada de bula								
	0x	1/16x	1/8x	1/4x	1/2x	x	2x	4x	8x
Dose em g do ingrediente ativo por hectare									
Fluazifop-p-butyl	0	11,72	23,44	46,88	93,75	187,5	375	750	1500
Sethoxydim	0	14,37	28,75	57,5	115	230	460	920	1840
Clethodim	0	7,5	15	30	60	120	240	480	960
Quizalofop-p-ethyl	0	4,68	9,37	18,75	37,5	75	150	300	600
Haloxyfop-p-methyl	0	3,73	7,47	14,95	29,9	59,8	119,6	239,2	478,4

Utilizou-se um pulverizador costal, pressurizado por CO₂, cuja calibração resultou em uma taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹, com velocidade de aplicação de 1,0 m s⁻¹ e sob pressão de 30 psi. A barra de pulverização foi equipada com três pontas tipo leque, modelo ST-110.015, espaçadas 0,5 m entre si e as pontas foram posicionadas a 0,5 m da superfície dos vasos.

Foram avaliadas as porcentagens de controle (escala visual de 0 a 100%) aos 28 dias após a aplicação (DAA), numa escala onde 0% representa a nenhum controle e 100% representa a morte das plantas (SBCPD 1995). Ao final deste período, também foi determinada a matéria seca da parte aérea, por meio da coleta da parte aérea das plantas sobreviventes à aplicação, sendo estas cortadas rente ao solo, com posterior secagem em estufa à 60°C por 48 horas.

Delineamento experimental e análise dos dados

Para cada herbicida foi conduzido um experimento isolado. Para todos os experimentos, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 9x2 com quatro repetições. Os níveis do primeiro fator corresponderam às nove doses de cada herbicida e os níveis do segundo fator referem-se aos biótipos (SUS e PCY).

Os dados de matéria seca de planta foram transformados em porcentagem de redução da massa seca relativa à testemunha através da seguinte equação:

$$\% \text{ matéria seca relativa à testemunha} = \frac{(\text{Valor da repetição} * 100)}{\text{Média da testemunha}}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F no software SISVAR (FERREIRA 2011). Posteriormente os dados de porcentagem de controle e porcentagem de matéria seca foram submetidos à análise de regressão. Para ajuste dos modelos, foi utilizada a equação de três parâmetros log-logística (STREIBIG 1988) por meio do pacote dcr do software R:

$$y = a/[1 + (x/c)^b]$$

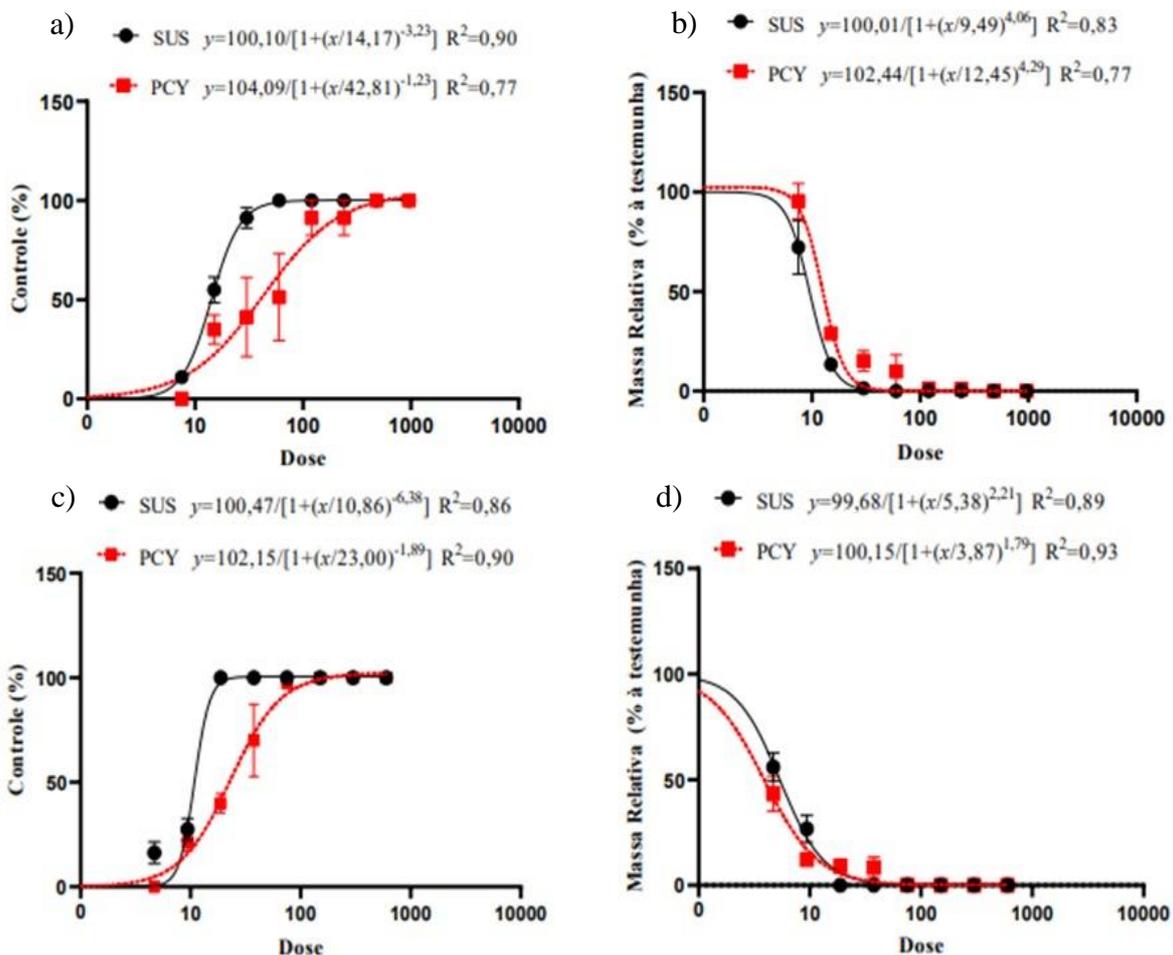
Neste modelo, y é a variável resposta, a é assíntota, x é a dose de herbicida (variável dependente), c é o valor de x para 50% da variável (I_{50} para controle e GR_{50} para massa relativa) e b é o coeficiente angular em c . A razão entre os valores de c foi utilizada para calcular o fator de resistência (FR) entre os biótipos SUS e PCY. Também foi calculada a dose para 85% de controle (I_{85}) e para redução da massa seca (GR_{85}). As figuras foram geradas utilizando o software GraphPad Prism 8. Para todas as análises estatísticas o alfa adotado foi de 5% ($p \leq 0,05$).

Para determinar se o biótipo era resistente aos herbicidas, foram utilizados dois conceitos, o fator de resistência (FR) e as doses requeridas para atingir I_{85} e GR_{85} . A dose de registro recomendada para herbicida sendo registrada com a dose de bula para obtenção de mais de 85% das marcas comerciais desse herbicida (BRASIL 2023). Considerando os dois requisitos, para que o biótipo fosse considerado resistente aos herbicidas avaliados, era necessário apresentar $FR > 1,0$ além de um GR_{85} e I_{85} maior do que 187,5 g ha⁻¹ ingrediente ativo para fluazifop-p-butyl; maior do que 230 para sethoxydim; maior do que 120 para clethodim; maior do que 75 para quizalofop-p-ethyl e maior do que 59,8 para haloxyfop-p-methyl (doses recomendadas).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho foram estimadas doses para 50% (I_{50} e GR_{50}) e 85% (I_{85} e GR_{85}) de controle e de redução da massa seca, respectivamente, para o biótipo analisado. No primeiro caso, os valores estimados são utilizados para cálculo do FR e no segundo caso as doses encontradas para 85% de controle ou de redução de massa são consideradas como um indicativo das doses necessárias para atingir controle aceitável do biótipo.

O biótipo susceptível (SUS) foi considerado suscetível aos herbicidas fluazifop-p-butyl, sethoxydim, clethodim, quizalofop-p-ethyl e haloxyfop-p-methyl (Figura 1), resultando em valores de I_{85} de 20,64; 131,14; 24,23; 14,26; e 9,17 g ha⁻¹, respectivamente, todos eles abaixo das doses recomendadas de bula de cada herbicida (Tabela 1).



Continua...

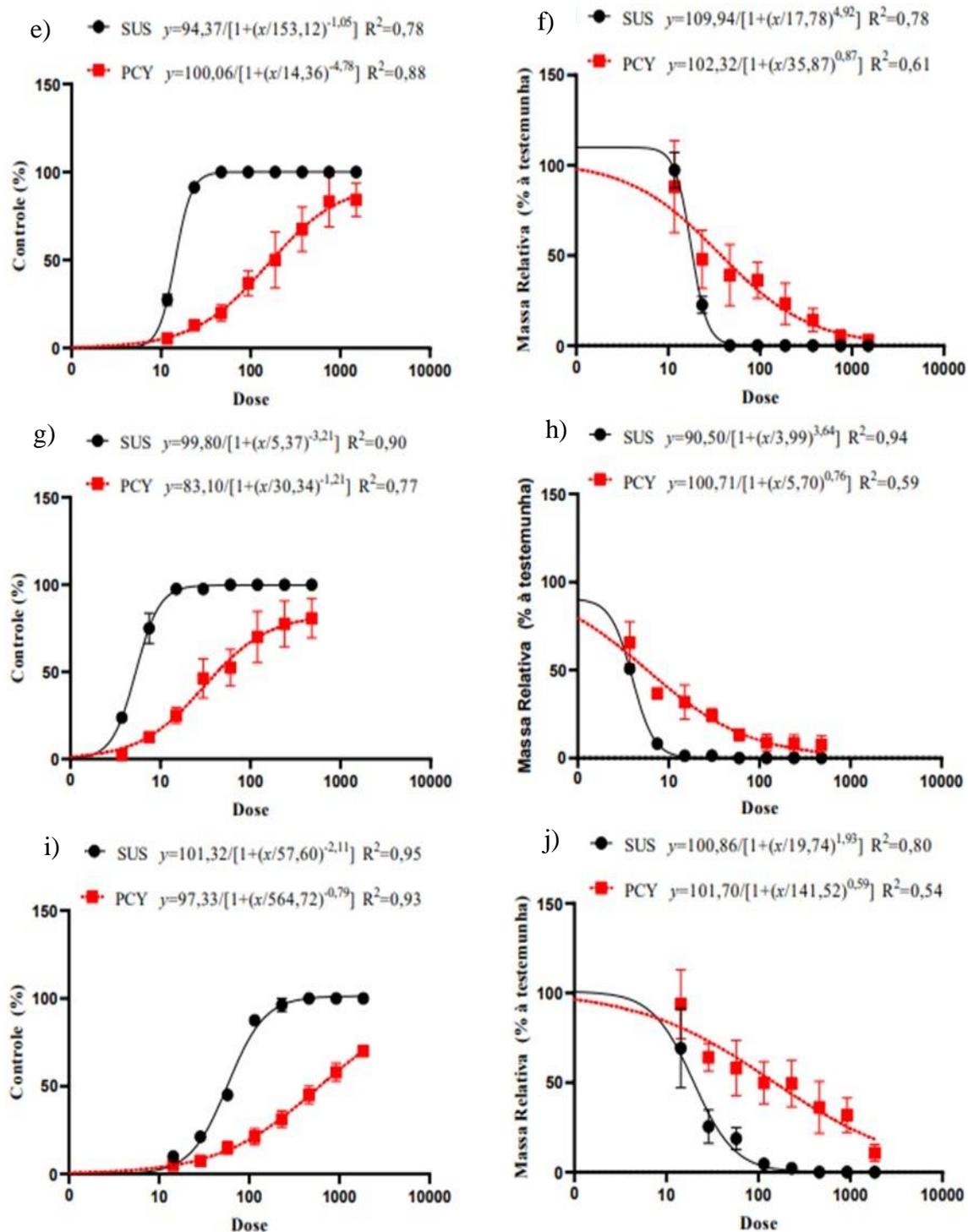


Figura 1. Curvas de dose-resposta para os dois biótipos de *E. indica* (PCY e SUS) para: a) controle clethodim e b) massa seca clethodim e c) controle quizalofop-p-ethyl e d) massa relativa % à testemunha quizalofop-p-ethyl; e) controle fluazifop-p-butyl e f) massa relativa % à testemunha fluazifop-p-butyl; g) controle haloxyfop-p-methyl e h) massa relativa % à testemunha haloxyfop-p-methyl; e i) controle sethoxydim e j) massa relativa % à testemunha sethoxydim. Barras representam o erro padrão da média (n=4).

Figure 1. Dose-response curves for the two biotypes of *E. indica* biotypes (PCY and SUS) for: (a) clethodim control and (b) clethodim dry mass relative to the control; (c) quizalofop-p-ethyl control and (d) quizalofop-p-ethyl dry mass relative to the control; (e) fluazifop-p-butyl control and (f) fluazifop-p-butyl dry mass relative to the control; (g) haloxyfop-p-methyl control and (h) haloxyfop-p-methyl dry mass relative to the control; and (i) sethoxydim control and (j) sethoxydim dry mass relative to the control, . Bars represent the standard error of the mean (n=4).

Para o biótipo PCY, observou-se $FR < 1$ para quizalofop-p-ethyl em relação à redução de massa seca (Tabela 2), não atendendo, portanto, ao primeiro critério de resistência estabelecido no presente trabalho. Os herbicidas (Fluazifop-p-butyl, Sethoxydim, Clethodim, Quizalofop-p-ethyl) apresentaram $FR > 1$, tanto para controle quanto para massa seca relativa, ainda que o nível de controle varie com a dose e o herbicida em questão (Figuras 2, 3, 4, 5 e 6).

Tabela 2. Parâmetros dos modelos, doses ($g\ ha^{-1}$) para 50% e 85% de eficácia e fator de resistência dos herbicidas inibidores da ACCase aplicados nos dois biótipos de *Eleusine indica* para a porcentagem de controle e porcentagem de redução de massa seca.

Table 2. Model parameters, doses ($g\ ha^{-1}$) for 50% and 85% efficacy and resistance factor of ACCase inhibiting herbicides applied on the two biotypes of *Eleusine indica* for percent control and percent dry mass reduction.

Herbicida	Biótipo	% Controle					FR	Erro p-valor
		a	b	I ₅₀	I ₈₅			
Fluazifop-p-butyl	SUS	100,06	-4,78	14,36	20,64	-	-	1,0000 ^{ns}
	PCY	94,37	-1,05	153,12	>1500	10,6	-	
Sethoxydim	SUS	101,32	-2,11	57,60	131,14	-	-	0,4706 ^{ns}
	PCY	97,33	-0,79	564,72	>1840	9,8	-	
Clethodim	SUS	100,10	-3,23	14,17	24,23	-	-	0,7724 ^{ns}
	PCY	104,09	-1,23	42,81	174,38	3,02	-	
Quizalofop-p-ethyl	SUS	100,47	-6,38	10,86	14,26	-	-	0,2204 ^{ns}
	PCY	102,15	-1,89	23	57,59	2,12	-	
Haloxifop-p-methyl	SUS	99,80	-3,21	5,37	9,17	-	-	0,9997 ^{ns}
	PCY	83,10	-1,21	30,34	>478,4	5,64	-	

Herbicida	Biótipo	% Redução de massa seca					FR	Erro p-valor
		a	b	GR ₅₀	GR ₈₅			
Fluazifop-p-butyl	SUS	109,94	4,92	17,78	25,29	-	-	0,9888 ^{ns}
	PCY	102,32	0,87	35,87	261,93	2,02	-	
Sethoxydim	SUS	100,86	1,93	19,74	48,56	-	-	0,9645 ^{ns}
	PCY	101,70	0,59	141,52	2705,58	7,16	-	
Clethodim	SUS	100,01	4,06	9,49	14,54	-	-	0,9371 ^{ns}
	PCY	102,44	4,29	12,45	18,66	1,31	-	
Quizalofop-p-ethyl	SUS	99,68	2,21	5,38	11,79	-	-	0,9319 ^{ns}
	PCY	100,15	1,79	3,87	10,21	0,72	-	
Haloxifop-p-methyl	SUS	90,50	3,64	4	6,38	-	-	0,9997 ^{ns}
	PCY	100,71	0,76	5,61	95,22	1,4	-	

Ajuste pelo modelo de STREIBIG (1988): I₅₀: dose para 50% de controle; GR₅₀: dose para redução de 50% de massa seca em relação à testemunha; I₈₅: dose para 85% de controle; GR₈₅: dose para redução de 85% de massa seca em relação à testemunha; FR: calculado por I₅₀ da PCY / I₅₀ da SUS, ou de GR₅₀ da PCY / GR₅₀ da SUS de acordo com a regressão não linear log-logística: $y = a/[1+(x+c)^b]$; Erro p-valor: Desvios da regressão.



Figura 2. Resposta do biótipo de capim-pé-de-galinha de Paranacity (PR) a doses crescentes de quizalofop-p-ethyl aos 28 DAA, a) população SUS e b) população PCY. Maringá-PR, 2021.

Figure 2. Response of the Paranacity (PR) goosegrass biotype to increasing doses of quizalofop-p-ethyl at 28 DAA, a) SUS population and b) PCY population. Maringá-PR, 2021.



Figura 3. Resposta do biótipo de capim-pé-de-galinha de Paranacity (PR) a doses crescentes de clethodim aos 28 DAA, a) população SUS e b) população PCY. Maringá-PR, 2021.

Figure 3. Response of the Paranacity (PR) goosegrass biotype to increasing doses of clethodim at 28 DAA, a) SUS population and b) PCY population. Maringá-PR, 2021.



Figura 4. Resposta do biótipo de capim-pé-de-galinha de Paranacity (PR) a doses crescentes de haloxyfop-p-methyl aos 28 DAA, a) população SUS e b) população PCY. Maringá-PR, 2021.

Figure 4. Response of the Paranacity (PR) goosegrass biotype to increasing doses of haloxyfop-p-methyl at 28 DAA, a) SUS population and b) PCY population. Maringá-PR, 2021.



Figura 5. Resposta do biótipo de capim-pé-de-galinha de Paranacity (PR) a doses crescentes de fluazifop-p-butyl aos 28 DAA, a) população SUS e b) população PCY. Maringá-PR, 2021.

Figure 5. Response of the Paranacity (PR) goosegrass biotype to increasing doses of fluazifop-p-butyl at 28 DAA, a) SUS population and b) PCY population. Maringá-PR, 2021.

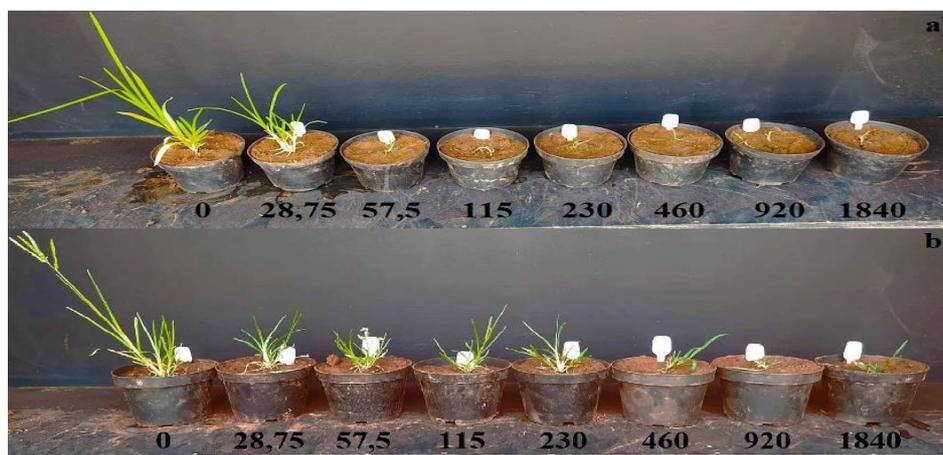


Figura 6. Resposta do biótipo de capim-pé-de-galinha de Paranacity (PR) a doses crescentes de sethoxydim aos 28 DAA, a) população SUS e b) população PCY. Maringá-PR, 2021.

Figure 6. Response of the Paranacity (PR) goosegrass biotype to increasing doses of sethoxydim at 28 DAA, a) SUS population and b) PCY population. Maringá-PR, 2021.

De acordo com o segundo critério de resistência adotado neste trabalho, as doses necessárias para apresentar redução de massa e controle eficiente dos biótipos (I_{85} e GR_{85}), deveriam ser superiores às doses recomendadas para cada herbicida. Dessa forma, clethodim e quizalofop-p-ethyl não atenderam ao segundo critério, uma vez que o GR_{85} para clethodim foi de apenas 57,59 e o I_{85} para quizalofop foi de apenas 18,66 (Tabela 2). Os herbicidas restantes atenderam ao segundo critério, tanto para o controle quanto para a porcentagem de redução de massa seca, o que indica que se trata de um caso de resistência cruzada envolvendo os herbicidas fluazifop-p-butyl, sethoxydim e haloxyfop-p-methyl.

A análise do FR isoladamente não leva em conta qual a dose necessária para controle eficiente do biótipo em questão. Valores de FR podem ser influenciados por outros fatores além do herbicida, como os biótipos estudados (principalmente o susceptível), condições fisiológicas e o estágio de desenvolvimento da planta, assim como de condições climáticas no momento das aplicações (ANDRADE JR 2018). Por isso, do ponto de vista agrônomo, é importante acrescentar um segundo parâmetro considerando as doses necessárias para atingir controle aceitável do biótipo. Tanto no caso de quizalofop em relação ao I_{85} quanto de clethodim em relação ao GR_{85} , os FR são maiores do que 1,0, mas as doses necessárias para atingir 85% de controle ou de redução da massa são menores do que as doses recomendadas de cada produto.

As doses estimadas para 85% de controle (I_{85}) desta população foram >1500 (para fluazifop-p-butyl), >1840 (para sethoxydim) e >478,4 g ha⁻¹ (para haloxyfop-p-methyl) respectivamente (Tabela 2), o que indica que nem mesmo as doses mais altas de cada herbicida utilizadas no presente trabalho promoveriam níveis eficientes de controle deste biótipo. Além disso, para os herbicidas fluazifop-p-butyl, sethoxydim e haloxyfop-p-methyl as maiores doses testadas nesse experimento não conseguiram ultrapassar 85% de controle. Por outro lado, as doses estimadas para a população susceptível, foram de 14,36; 57,60 e 9,17 g ha⁻¹ para fluazifop-p-butyl, sethoxydim e haloxyfop-p-methyl respectivamente, estando abaixo das doses recomendada para *E. indica*.

Valores de doses como esses para obter nível de controle $\geq 85\%$ são preocupantes, pois sua recomendação poderia implicar em significativa elevação dos gastos, além do aumento da pressão de seleção sobre outras espécies de plantas daninhas, elevação do surgimento de casos de *carryover*, entre outras consequências.

Segundo NUNES (2020) estudando biótipos de capim-pé-de-galinha do Mato Grosso, observaram que haloxyfop-p-methyl e clethodim não proporcionaram eficácia acima de 80% nos biótipos com suspeita de resistência após os 28 DAA utilizando a dose recomendada dos produtos, gerando um FR que variou entre 17,3 e 391,2 para o haloxyfop-p-methyl e entre 9,9 e 22,6 para o clethodim. É importante notar que as aplicações realizadas por NUNES (2020) foram feitas em plantas com um a três perfilhos, o que pode ter resultado em um fator de resistência maior quando comparada a este trabalho, uma vez que no presente trabalho as aplicações foram feitas no estágio de um perfilho.

Casos de *E. indica* resistentes aos herbicidas inibidores da ACCase no Brasil foram inicialmente relatados por VIDAL et al. (2006), os quais estudaram biótipos do estado do Mato Grosso, constatando resistência ao sethoxydim com um FR de 18,4. OSUNA et al. (2012) estudando biótipos de Lucas do Rio Verde (MT), detectaram FR de 21,5 e 16,8 para sethoxydim e haloxyfop-p-methyl respectivamente. Já

estudos em questão foi detectado FR de 9,8 e 5,64 para sethoxydim e haloxyfop-p-methyl respectivamente, sendo a inferior aos outros estudos.

Estudos posteriores indicaram uma resistência do tipo *target site*, como causa da susceptibilidade reduzida desses herbicidas. Após teste PCR e sequenciamento dos biótipos resistente e susceptível, foi encontrada uma mutação no triplete de asparagina na posição 2078 resultando em um triplete de glicina (OSUNA et al. 2012). Essa mutação em Asp-2078-Gly, é a mesma presente em outros trabalhos envolvendo outras espécies (CRUZ-HIPOLITO et al. 2015, VILA-AIUB et al. 2015), apresentando esta característica tanto para herbicidas do grupo FOP quanto para o grupo DIM, o que explica a baixa afinidade por herbicidas de ambos os grupos. Essa resistência pode estar relacionada com os mecanismos relatados pela literatura. Entretanto, não foi objeto de estudo nesse trabalho os mecanismo de resistência.

Geograficamente, portanto, o caso de resistência de *E. indica* aos inibidores da ACCase foram primeiramente registrados nas áreas do Cerrado, principalmente em Mato Grosso. Para o estado do Paraná, até o momento não havia relato de casos de resistência a estes herbicidas. Embora o primeiro caso de resistência ao glyphosate tenha sido reportado neste estado (TAKANO et al. 2017), o surgimento de populações com resistência cruzada aos inibidores da ACCase limita o número de opções disponíveis, em especial para o controle em pós-emergência destes biótipos.

Estudos com biótipos da Malásia indicaram FR entre 62,5 e 150 para fluazifop-p-butyl (CHA et al. 2014). Estudos de sequenciamento demonstraram a existência de mutações Trp-2027-Cys para dois biótipos, enquanto para o biótipo com maior resistência também foi constatada outra mutação, em um novo sítio (Asn-2097-Asp) (CHA et al. 2014). JALALUDIN et al. (2014) também encontraram populações de capim-pé-de-galinha resistência aos ACCase, e identificaram que a mutação Trp-2027-Cys é a provável causa dessa resistência cruzada aos herbicidas fluazifop-P-butyl, haloxyfop-P-methyl e butoxydim, o que é compatível aos resultados observados no presente trabalho.

Ainda que os valores dos fatores de resistência encontrados neste trabalho sejam, de modo geral, mais baixos do que os encontrados por outros autores, os níveis de resistência observados para fluazifop-p-butyl, sethoxydim e haloxyfop-p-methyl ainda representam preocupação. Os níveis de controle das plantas oriundas de Paracity não ultrapassaram 85% nas maiores doses utilizadas destes três herbicidas (fluazifop-p-butyl, sethoxydim e haloxyfop-p-methyl,) equivalentes a oito vezes a dose recomendada, o que demonstra a potencial dificuldade no manejo a campo desta planta. Estudos complementares são ainda necessários, para a identificação do (s) mecanismo (s) de resistência ou mutação (ões) envolvida (s).

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se afirmar que o biótipo PCY de Paracity (PR) é suscetível ao clethodim e ao quizalofop-p-ethyl. Este biótipo apresentou resistência cruzada para os herbicidas haloxyfop-p-methyl, sethoxydim e fluazifop-p-butyl, sendo este o primeiro relato de resistência de *Eleusine indica* a herbicidas inibidores de ACCase no estado do Paraná.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo nº132861/2020-8).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JUNIOR ER. 2018. Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) resistente a herbicidas inibidores da ACCase em áreas algodoeiras de Mato Grosso. Tese (Doutorado em Propagação, Melhoramento, Manejo de Espécies Vegetais, Nativas, Cultivadas e Medicinais). Cuiabá: UFMT. 84p.
- BRASIL. 2023. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT. [acessado em: 04 de set. 2023]. Disponível em: Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>» <http://www.agricultura.gov.br>.
- CHA TS et al. 2014. Molecular basis for resistance to ACCase-inhibiting fluazifop in *Eleusine indica* from Malaysia. Pesticide Biochemistry and Physiology 111: 7-13.
- CORREIA NM et al. 2002. First report of multiple resistance of goosegrass to herbicides in Brazil. Advances in Weed Science 40: 1-9.
- CRUZ-HIPOLITO H et al. 2015. Ile-1781-Leu and Asp-2078-Gly mutations in ACCase gene endow cross-resistance to APP, CHD, and PPZ in *Phalaris minor* from Mexico. International Journal of Molecular Sciences 16: 21363-21377.
- FERREIRA DF. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia 35: 1039-1042.
- GAZZIERO DLP et al. 2008. Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Sete Lagoas: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas; Campinas: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas no Brasil 22.

- GEMELLI A et al. 2012. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para seu controle. *Revista Brasileira de Herbicidas* 11: 231-240.
- HEAP I. 2023. International survey of resistant weeds. Disponível em: <[http://www. weedscience.org/in.asp](http://www.weedscience.org/in.asp)>. Acesso em: 03 setembro de 2023.
- JALALUDIN A et al. 2014. Multiple resistance across glufosinate, glyphosate, paraquat and ACCase-inhibiting herbicides in an *Eleusine indica* population. *Weed Research* 55: 82-89.
- LORENZI H. 2000. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 608 p.
- MOREIRA HJC & BRAGANÇA HBN. 2010. Manual de Identificação de Plantas Infestantes: Cultivos de Verão. São Paulo: FMC Agricultural Products. 642 p.
- NUNES JJ. 2020. Resposta de biótipos de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos herbicidas glifosato, clethodim e haloxifope-p-metilico. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas). Urutaí: IFGoiano. 46p.
- OLIVEIRA T. 2020. Levantamento, dose resposta e manejo de biótipos de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) com potencial de resistência múltipla a herbicidas inibidores de EPSPs e ACCase. 2020. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Piracicaba: USP. 70p.
- OSUNA MD et al. 2012. Resistance to ACCase inhibitors in *Eleusine indica* from Brazil involves a target site mutation. *Planta daninha* 30: 675-681.
- SBCPD. 1995. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD.
- SBCPD. 2018. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Dez passos para relatos de novos casos de resistência de plantas daninhas a herbicida no Brasil. Londrina: SBCPD.
- SOUZA JC et al. 2014. Screening e dose-resposta de herbicidas à malva e juta. *Revista Brasileira de Herbicidas* 13: 258-263.
- STREIBIG JC. 1988. Herbicide bioassay. *Weed Research* 28: 479-484.
- TAKANO HK et al. 2017. Goosegrass resistant to glyphosate in Brazil. *Planta Daninha* 35: e017163071.
- TAKANO HK et al. 2021. ACCase-inhibiting herbicides: mechanism of action, resistance evolution and stewardship. *Scientia Agricola* 78: 1-11.
- VARGAS L et al. 2016. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHEDE DK & GAZZIERO DLP. A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem. Londrina: Midiograf II.
- VIDAL RA et al. 2006. Resistência de *Eleusine indica* aos inibidores de ACCase. *Planta Daninha* 24: 163-171.
- VILA-AIUB MM et al. 2015. Effect of herbicide resistance endowing Ile-1781-Leu and Asp-2078-Gly ACCase gene mutations on ACCase kinetics and growth traits in *Lolium rigidum*. *Journal of Experimental Botany*, 66: 4711-4718.