

Controle químico de *Maranta sobolifera*Chemical control of *Maranta sobolifera*Vitor G. Kuhn^a, Silvio D. Ferreira^a, Dyogo B. Brustolina^a, Adriana C. Salvalaggio^a, Neumárcio V. Costa^{a*}^aCentro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil.

Resumo: Introdução: A espécie *Maranta sobolifera* L. Andersson (Caeté) apresenta tolerância ao controle químico e sua dispersão nas áreas agrícolas do oeste paranaense vem aumentando a cada ano.

Objetivo: Avaliar o controle da *M. sobolifera* utilizando diferentes doses de herbicidas aplicados isolados e em mistura em experimentos em vaso e a campo.

Métodos: No experimento em vaso foi adotado o delineamento inteiramente casualizados com quatro repetições, enquanto que a campo foi adotado o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida no tempo, com três repetições.

Resultados: No experimento em vaso, as aplicações isoladas de glifosato (2160 g ha⁻¹), carfentrazona (60 g ha⁻¹), e 2,4-D (670 e 1340 g ha⁻¹), além das misturas de [fluroxipir + triclopir] (320 + 960 e 480 + 1440 g ha⁻¹), glifosato+carfentrazona (720 + 40 e 1080 + 60 g ha⁻¹), glifosato + 2,4-D (1080 + 1340 g ha⁻¹), e glifosato + [fluroxipir+triclopir] (720 + [320 + 960] e 1080 + [480 + 1440] g ha⁻¹), foram as mais eficientes (>80%) aos 42 dias após a aplicação (DAA). Enquanto que a campo, as aplicações de glifosato (>3000 g ha⁻¹), glufosinato (≥200 g ha⁻¹), carfentrazona (≥ 60 g ha⁻¹), saflufenacil (≥ 105 g ha⁻¹), 2,4-D (≥ 1340 g ha⁻¹) e a mistura comercial fluroxipir+triclopir (≥ 160 + 480 g ha⁻¹) foram mais eficientes (>80%) a partir de 21 DAA.

Conclusões: O carfentrazona e o saflufenacil apresentaram-se mais eficientes em doses mais elevadas, além de que, apenas a mistura glifosato+carfentrazona (720 + 40 g ha⁻¹) apresentou efeito sinérgico.

Palavras-chave: Planta daninha, herbicida, mecanismo de ação, mistura em tanque.

Abstract: Background: The species *Maranta sobolifera* L. Andersson (Caeté) is tolerant to chemical management and its dispersion in the agricultural areas of western Paraná has increased every year.

Objective: Evaluate the control of *M. sobolifera* using different doses of herbicides applied alone and in mixture in pot and field experiments.

Methods: In the pot experiment, isolated applications of glyphosate (2160 g ha⁻¹), carfentrazona (60 g ha⁻¹), and 2,4-D (670 and 1340 g ha⁻¹), as well as mixtures of [fluroxypyr + triclopyr] (320 + 960 and 480 + 1440 g ha⁻¹), glyphosate + carfentrazona (720 + 40 and 1080 + 60 g ha⁻¹), glyphosate + 2,4-D (1080 + 1340 g ha⁻¹), and glyphosate + [fluroxypyr + triclopyr] (720 + [320 + 960] and 1080 + [480 + 1440] g ha⁻¹), were the most efficient (>80%) at 42 days after application (DAA). While in the field, applications of glyphosate (>3000 g ha⁻¹), glufosinate (≥200 g ha⁻¹), carfentrazona (≥ 60 g ha⁻¹), saflufenacil (≥ 105 g ha⁻¹), 2,4-D (≥ 1340 g ha⁻¹) and the commercial mixture fluroxypyr + triclopyr (≥ 160 + 480 g ha⁻¹) were most efficient (>80%) starting at 21 DAA.

Results The pot experiment used a completely randomized design with four repetitions, while the field, a randomized block design was used in a split-plot scheme in time, with three repetitions.

Conclusions: Carfentrazona and saflufenacil were more efficient at higher doses, and only the mixture glyphosate + carfentrazona (720 + 40 g ha⁻¹) showed synergistic effect.

Keywords: Weed, herbicide, mechanism of action, tank-mixture.

Journal Information:

ISSN: 2763-8332

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

Jornal da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Como citar: Kuhn VG, Ferreira SD, Brustolin DB, Salvalaggio AC, Costa NV. Controle químico de *Maranta sobolifera*. Weed Control J. 2022;21:e202200758. <https://doi.org/10.7824/wcj.2022;21:00758>

Aprovado por:

Editor-Chefe: Daniel Valadão Silva
Editor Associado: André Ulguim

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

Recebido: Junho 08, 2021

Aprovado: Junho 10, 2022

* Corresponding author:

<neumarcio.costa@unioeste.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: 2022

1. Introdução

A interferência das plantas daninhas em áreas agrícolas representa um fator extremamente limitante na obtenção de elevados níveis de produtividade e de rentabilidade das atividades agrícolas. Assim, torna-se importante o monitoramento do surgimento de novas espécies adaptadas aos sistemas de cultivos utilizados para que seja possível a elaboração de novas estratégias de controle. Desta forma, os produtores da região oeste paranaense vêm constatando o aumento da ocorrência da espécie *Maranta sobolifera* e do seu elevado potencial de causar interferência em culturas anuais como o milho (Kuhn et al., 2021).

A *M. sobolifera* pertence à família Marantaceae (Classe: Liliopsida), apresenta porte herbáceo, ciclo perene, se reproduz por sementes e rizomas, e ocorre preferencialmente em áreas sombreadas de beiras de matas (Yoshida-Arns et al., 2002, Forzza, 2007). Entretanto, percebe-se que esta espécie pode se desenvolver em áreas de lavouras de porte baixo como a soja e de porte alto como o milho, uma vez que essa planta daninha pode ter vantagem competitiva nas fases mais avançadas da cultura devido sua adaptação ao sombreamento. Além disso, acredita-se que o uso de grade aradora por alguns produtores com o intuito de descompactar o solo e/ou o intercâmbio de implementos agrícolas pode estar favorecendo a dispersão dos rizomas da *M. sobolifera*.

Com relação ao manejo químico, o glifosato utilizado na dessecção de áreas no sistema de plantio direto não apresenta controle satisfatório das plantas de *M. sobolifera* (Brighenti et al., 2006), exigindo a adoção do controle da planta por meio do arranquio ou capina. Deste modo, para evitar a interferência da *M. sobolifera* nas áreas agrícolas, há a necessidade de elaborar novas estratégias para o manejo desta espécie, como por exemplo, a identificação de herbicidas alternativos para aplicações isoladas e/ou o uso de combinações com glifosato em mistura em tanque.

O uso de mistura em tanque de herbicidas com diferentes mecanismos de ação apresenta-se como excelente alternativa no manejo de espécies de difícil controle (Presoto et al., 2020), além de ser recomendada para o manejo proativo da resistência de plantas daninhas e reduzir do custo de controle (Diggle et al., 2003).

Contudo, quando se mistura diferentes herbicidas diferentes, podem ocorrer interações positivas (sinergismo), negativas (antagonismo) ou até mesmo nulas (aditiva) que devem ser avaliadas previamente para se determinar a melhor combinação de moléculas para o controle de alvos específicos (tolerantes ou resistentes) e ao mesmo tempo aumente o espectro de ação sobre outras espécies (Zhang et al., 1995).

O uso do glifosato em mistura em tanque com herbicidas inibidores da enzima Protoporfirinogênio Oxidase (PROTOX) (carfentrazone e saflufenacil) ou mimetizadores da auxina (2,4-D) apresentou excelentes resultados de controle (>90%) em espécies resistentes como a *Conyza* spp. e *Amaranthus palmeri* (Dalazen et al., 2015; Lawrence et al., 2018), e espécies tolerantes como a *Commelina* spp., *Ipomoea* spp., e *Tridax procumbens* (Shaw e Arnold, 2002; Rocha et al., 2007; Maciel et al., 2011; Agostineto et al., 2016). Desta forma, além do uso potencial de mistura em tanque de herbicidas no controle da *M. sobolifera*, tem-se ainda a opção do glufosinato de amônio (inibidor da glutamina sintetase) em aplicações isoladas por contribuir na rotação de mecanismo de ação e apresentar elevada eficiência de controle em áreas infestadas por plantas daninhas resistentes ao glifosato (Brunharo et al., 2014; Merchant et al., 2014), além do herbicida triclopyr e da mistura comercial fluroxypyr + triclopyr (mimetizadores da auxina) por apresentarem

excelente controle em plantas daninhas perenes com sistema radicular desenvolvido (Santos et al., 2006; Krenchinski et al., 2015).

Portanto, torna-se importante determinar quais herbicidas disponíveis no mercado ou misturas em tanque podem ser utilizadas no controle da *M. sobolifera* na pré-semeadura das culturas agrícolas, uma vez que a eficácia do controle pode ser dependente do mecanismo de ação utilizado e da dose, bem como da combinação de herbicidas em mistura em tanque. Assim, o objetivo foi avaliar a eficiência do controle químico de plantas de *M. sobolifera*, utilizando diferentes doses de herbicidas aplicados isolados e em mistura em tanque em experimentos em vaso e a campo.

2. Material e Métodos

No período de 2017 a 2018 foram realizados dois experimentos para avaliar o controle químico de plantas de *M. sobolifera*. O primeiro experimento foi realizado em 2017 e conduzido em vasos acondicionados em ambiente de cultivo protegido com telado de sombreamento preto com retenção luminosa de 30% (S 24°33'29" e W 54°02'43"). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no controle químico de plantas de *M. sobolifera* em condições de cultivo protegido.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹ de i.a ou e.a.)	Produto Comercial
glifosato	1080	Glifosato Atanor, 360 g L ⁻¹ e.a., SL, Atanor do Brasil Ltda
carfentrazone	40 ²	Aurora® 400 EC, 400 g L ⁻¹ i.a., EC, FMC
saflufenacil	49 ³	Heat®, 700 g Kg ⁻¹ i.a., WG, Basf
2,4-D	670	2,4-D Nortox, 670 g L ⁻¹ e.a., SL, Nortox
[fluroxipir + triclopir] ¹	[320 + 960] ²	Truper®, fluroxipir 80 g L ⁻¹ e.a.+ triclopir 240 g L ⁻¹ e.a., EC, Dow AgroSciences
glifosato + carfentrazone	720 + 40 ²	
glifosato + saflufenacil	720 + 49 ³	
glifosato + 2,4-D	720 + 670	
glifosato + [fluroxipir + triclopir] ¹	720 + [320 + 960] ²	
glifosato	2160	
carfentrazone	60 ²	
saflufenacil	98 ³	
2,4-D	1340	
[fluroxipir + triclopir] ¹	[480 + 1440] ²	
glifosato + carfentrazone	1080 + 60 ²	
glifosato + saflufenacil	1080 + 98 ³	
glifosato + 2,4-D	1080 + 1340	
glifosato + [fluroxipir + triclopir] ¹	1080 + [480 + 1440] ²	
Testemunha sem aplicação	---	

¹mistura comercial; ²foi adicionado 0,5% (v v⁻¹) de óleo mineral; ³foi adicionado 0,5% (v v⁻¹) adjuvante não iônico.

As mudas foram coletadas em 02 outubro de 2017 em áreas agrícolas situadas no município de São Miguel do Iguaçu-PR (S 25° 39'78" e W 54° 12'22") e o transplante nos vasos foi realizado no mesmo dia da coleta. As mudas apresentavam duas folhas expandidas e com 15 cm de comprimento (parte aérea) oriundas de rizomas (contendo de

dois a três nós). Para o transplante foi utilizado três mudas por vaso com capacidade de 8 dm³ de solo.

O solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico apresentou as seguintes características: pH (CaCl₂) = 5,41; M.O. (g dm⁻³) = 17,77; P (mg dm⁻³) = 2,07; H+Al, K, Ca, Mg, SB e CTC (cmolc dm⁻³) = 3,68; 0,19; 3,09;

1,15; 4,43 e 8,11, respectivamente; $V\% = 54,63$; e a composição textural do solo apresentou teores de 56,8% de argila, 32,9% de silte e 10,3% de areia.

A aplicação dos tratamentos foi realizada 35 dias após o transplante (DAT), quando foi verificada a expansão total da quarta folha das plantas de *M. sobolifera*. Para as aplicações, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO_2 a 255 kPa, munido de barra com quatro pontas AD 11002 distanciados de 0,5 m entre si, utilizando a vazão de calda de 200 L ha^{-1} . As condições climáticas durante as aplicações foram: temperatura de 28°C, umidade relativa em 65% e velocidade do vento de 1,2 m s^{-1} .

As avaliações de controle foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação (DAA). As notas de controle foram atribuídas com base na escala percentual de controle proposta por SBCPD (1995), em que 'zero' representa a ausência total de injúrias e '100' representa a morte das plantas. Com base nos dados de porcentagem de controle da última avaliação (42DAA) foram determinados os efeitos sinérgicos e antagônicos entre as associações dos herbicidas, conforme a metodologia proposta por Colby

(1967).

Ao final do experimento (42 DAA), as plantas foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel, posteriormente levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Após o período de secagem as amostras foram pesadas em balança de precisão, para determinação da massa seca da parte aérea e do sistema radicular (g planta^{-1}). Os dados de porcentagem de controle e de massa seca foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O segundo experimento foi realizado em 2018 em área comercial de produção agrícola situada no município de Marechal Cândido Rondon-PR (S 24° 35'88" e W 54° 04'86"). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcela subdividida no tempo, com três repetições. As parcelas representaram as doses dos herbicidas e as subparcelas representaram as épocas de avaliação de controle (três épocas), cada parcela foi instalada uma testemunha lateral sem aplicação de herbicida. As doses dos herbicidas avaliados estão descritas na Tabela 2. As parcelas possuíam área de 6 m² (2 x 3 m).

Tabela 2. Tratamentos utilizados no controle químico de plantas de *M. sobolifera* em condições de campo.

Tratamentos	Dose (g ha^{-1})	Dose do produto comercial (L ha^{-1})
glifosato	1000	Zapp QI 620, 500 g L^{-1} e.a., SL, Syngenta
	2000	
	3000	
	4000	
glufosinato*	200	Finale®, 200 g L^{-1} i.a., SL, Basf
	400	
	600	
	800	
carfentrazone*	20	Aurora® 400 EC, 400 g L^{-1} i.a., EC, FMC
	40	
	50	
	80	
saflufenacil**	35	Heat®, 700 g Kg^{-1} i.a., WG, Basf
	70	
	105	
	140	
2,4-D	670	2,4-D Nortox, 670 g L^{-1} e.a., SL, Nortox
	1340	
	2010	
	2680	
triclopir*	480	Triclon, 480 g L^{-1} e.a., EC, UPL do Brasil
	960	
	1440	
	1920	
[fluroxipir + triclopir] ^{1*}	2 L ha^{-1} [160 + 480]	Truper®, fluroxipir 80 g L^{-1} e.a. + triclopir 240 g L^{-1} e.a., EC, Dow AgroSciences
	4 L ha^{-1} [320 + 960]	
	6 L ha^{-1} [480 + 1440]	
	8 L ha^{-1} [640 + 1920]	
Testemunha sem aplicação ²	---	---

¹para a mistura comercial a dose em L ha^{-1} foi utilizada nos ajustes de regressão; ² para cada parcela com herbicida foi instalada uma testemunha lateral sem aplicação para facilitar a comparação do efeito de controle; * foi adicionado 0,5% (v v^{-1}) de óleo mineral; ** foi adicionado 0,5% (v v^{-1}) adjuvante não iônico.

A análise química do solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico apresentou as seguintes características: pH (CaCl_2) = 5,17; M.O. (g dm^{-3}) = 27,22; P (mg dm^{-3}) = 6,10; H+AL, K, Ca, Mg, SB e CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 5,35; 0,25; 5,43; 2,37; 8,05 e 13,40 respectivamente; V% = 60,07 e a composição textural do solo apresentou teores de 39,80% de argila, 48,76% de silte e 11,43% de areia.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas em 16 de agosto de 2018, sendo que no momento das aplicações as plantas estavam com porte de 68 cm e densidade média de 8,8 plantas m^{-2} . Para a aplicação dos tratamentos foi utilizada a metodologia descrita no experimento 1. As condições climáticas durante as aplicações foram: temperatura de 23°C, umidade relativa em 74% e velocidade do vento de 1,8 m s^{-1} .

As avaliações de controle foram realizadas aos 7, 21 e 42 dias após a aplicação (DAA). As notas de controle foram atribuídas com base na escala percentual de controle proposta por SBPCPD (1995), em que 'zero' representa a ausência total de injúrias e '100' representa a morte total das plantas.

Ao final do experimento (42 DAA), as plantas foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel, posteriormente levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Após o período de secagem as amostras foram pesadas em balança de precisão, para determinação da massa seca da parte aérea (g planta^{-1}).

Os dados de porcentagem de controle obtidos para cada tratamento herbicida foram submetidos à análise de variância e as médias ajustadas a modelos de regressão de superfície em função das doses e épocas de avaliação. Enquanto que os dados de massa seca da parte aérea foram submetidos à análise de variância e as médias ajustadas a modelos de regressão lineares e não-lineares. Os modelos foram escolhidos com base no elevado R^2 , na lógica biológica e aprovação no teste de normalidade. Para os ajustes da mistura comercial [fluroxipir + triclopir] foi adotado as doses em L ha^{-1} .

3. Resultados e discussão

Primeiro experimento

Os resultados de porcentagem de controle das plantas de *M. sobolifera* após a aplicação dos tratamentos em cultivo protegido e efeito sinérgico ou antagônico das misturas em tanque estão descritos na Tabela 3. Apenas o saflufenacil isolado (98 g ha^{-1}) apresentou controle superior a 90% nos primeiros 14 DAA e permanecendo com níveis altos de controle até aos 35DAA, entretanto, aos 42DAA as plantas apresentaram início de rebrota e controle insatisfatório (>70%). A rebrota plantas pode ser devido à ação de contato e a baixa capacidade de translocação do saflufenacil pela rápida formação de espécies reativas de oxigênio (ERO's), que causam peroxidação das membranas celulares e necrose das folhas (Grossmann et al., 2010).

Aos 35 DAA houve a formação de três agrupamentos, sendo que os grupos que apresentaram os piores resultados de controle foram compostos por carfentrazone (40 g ha^{-1}), glifosato + 2,4-D ($720 + 670 \text{ g ha}^{-1}$) e glifosato (2160 g ha^{-1}) com média de 50,3% de controle e o grupo formado apenas

pelo glifosato (1080 g ha^{-1}) que apresentou média de controle de 7,5%. Os demais tratamentos formaram o grupo com a melhor média de eficiência de controle (83,9%) (Tabela 3).

Na última avaliação de controle (42 DAA) o grupo que apresentou a melhor eficiência de controle foi composto pelas aplicações isoladas de glifosato (2160 g ha^{-1}), carfentrazone (60 g ha^{-1}), e 2,4-D (670 e 1340 g ha^{-1}), além das misturas de [fluroxipir + triclopir] ($320 + 960$ e $480 + 1440 \text{ g ha}^{-1}$), glifosato + carfentrazone ($720 + 40$ e $1080 + 60 \text{ g ha}^{-1}$), glifosato + 2,4-D ($1080 + 1340 \text{ g ha}^{-1}$), e glifosato + [fluroxipir + triclopir] ($960 + [320 + 960]$ e $1440 + [480 + 1440]$ g ha^{-1}) com média de 86,7% (Tabela 3).

De modo geral, a aplicação do glifosato isolado na menor dose não apresentou controle satisfatório das plantas de *M. sobolifera* e mesmo com a utilização de dose extremamente elevada (2880 g ha^{-1}), o controle obtido foi de apenas 75%. Estes resultados confirmam a tolerância da espécie ao glifosato constatada por Brighenti et al. (2006). Dentre os inibidores da PROTOX, o saflufenacil foi mais eficiente no controle do que o carfentrazone nas aplicações isoladas. Enquanto que ambos os mimetizadores da auxina avaliados foram eficientes no controle das plantas de *M. sobolifera*, com destaque para a mistura comercial fluroxipir + triclopir por promover controle mais rápido do que o 2,4-D.

Apenas a mistura em tanque do glifosato + carfentrazone apresentou sinergismo na menor dose dos herbicidas, enquanto que as demais misturas avaliadas apresentaram efeito antagônico independentemente da dose utilizada. Neste caso, as aplicações isoladas do saflufenacil, 2,4-D e da mistura comercial fluroxipir + triclopir foram mais eficientes no controle da *M. sobolifera* do que em mistura com o glifosato (Tabela 3).

Segundo Zhang et al. (1995) vários fatores afetam o resultado da interação entre herbicidas, que incluem a suscetibilidade das plantas alvo (monocotiledôneas x dicotiledôneas ou anuais x perenes) aos mecanismos de ação utilizados e da dose aplicada. Entretanto, em vários estudos os efeitos sinérgicos e aditivos entre o glifosato (inibidor da EPSPS) com o carfentrazone e saflufenacil (inibidores da PROTOX) em diferentes combinações foram comprovada tanto para o controle de monocotiledôneas perenes como *Commelina* spp. e *Digitaria insularis* (Ferreira et al., 2017; Presoto et al., 2020), quanto no controle de eudicotiledôneas anuais como *Conyza* spp., e *Ipomoea hederifolia* (Dalazen et al., 2015; Agostinetto et al., 2016; Silva et al., 2018). Portanto, o uso da mistura glifosato + carfentrazone no controle da monocotiledônea perene *M. sobolifera* pode também garantir o controle de outras espécies presentes nas áreas agrícolas independentemente da classe ou ciclo biológico, considerando que as doses de controle desta espécie foram similares às demais opções encontradas na literatura.

A associação de glifosato com herbicidas sistêmicos em geral apresenta maior compatibilidade e benefícios, em contraste à sua mistura com herbicidas de contato, sendo que a associação de glifosato com herbicidas mimetizadores de auxina, como o 2,4-D, em geral resulta em efeito sinérgico, aumentando a eficiência de controle de plantas daninhas (Robinson et al., 2012; Vidal et al., 2016). Contudo, estes efeitos não foram evidenciados no presente estudo.

Apesar de alguns tratamentos terem sido altamente eficientes no controle das plantas de *M. sobolifera*, nenhum causaram redução no acúmulo da massa seca da parte aérea e do sistema radicular aos 42 DAA (Tabela 4). Isto pode ser devido as plantas apresentarem crescimento lento o que

impediu detectar diferenças no acúmulo de biomassa em relação a testemunha sem aplicação, além da variabilidade no porte das plantas mesmo com mesmo estágio de crescimento, muito comum em populações de plantas daninhas.

Tabela 3. Porcentagem de controle das plantas de *M. sobolifera* após a aplicação dos tratamentos em cultivo protegido e efeito sinérgico ou antagônico das misturas em tanque. Primeiro experimento (2017).

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Dias Após a Aplicação (DAA)						Respostas sinérgicas ou antagônicas das misturas ⁴
		7	14	21	28	35	42	
glifosato	1080	0,00 e	6,25 e	8,0 d	1,25 d	7,50 c	41,2 b	
carfentrazone	40 ²	21,7 d	13,7 e	16,2 d	51,2 c	47,0 b	48,0 b	
saflufenacil	49 ³	63,7b	81,7 b	84,5 a	84,2 a	68,0 a	47,5 b	
2,4-D	670	6,75 e	12,0 e	18,7 d	71,2 b	82,0 a	78,7 a	
[fluroxipir + triclopir] ¹	[320 + 960] ²	25,5 d	45,0 d	58,7b	90,0 a	94,5 a	94,5 a	
glifosato + carfentrazone	720 + 40 ²	23,2 d	22,5 e	32,5 c	55,0 c	85,0 a	83,7 a	(+)
glifosato + saflufenacil	720 + 49 ³	65,5 b	80,0 b	81,2 a	89,7 a	79,5 a	42,5 b	(-)
glifosato + 2,4-D	720 + 670	10,2 e	15,0 e	16,2 d	40,0 c	52,5 b	51,2 b	(-)
glifosato + [fluroxipir + triclopir] ¹	720 + [320 + 960] ²	23,7 d	61,25c	72,5 a	88,5a	86,0 a	87,5 a	(-)
glifosato	2160	3,25 e	7,50 e	9,50 d	33,7 c	51,5 b	75,0 a	
carfentrazone	60 ²	21,5 d	11,2 e	16,7 d	65,2 b	77,0 a	78,0 a	
saflufenacil	98 ³	86,7 a	94,2 a	87,7 a	93,2 a	91,2 a	68,7 b	
2,4-D	1340	10,0 e	16,2 e	22,5 c	72,5 b	85,0 a	89,5 a	
[fluroxipir + triclopir] ¹	[480 + 1440] ²	30,0 c	71,2 c	81,2a	94,2 a	97,7 a	100 a	
glifosato + carfentrazone	1080 + 60 ²	32,2 c	31,7 d	46,2 b	55,0 c	87,0 a	94,0 a	(-)
glifosato + saflufenacil	1080 + 98 ³	39,0 c	71,2 c	63,7 b	69,2 b	70,0 a	60,0 b	(-)
glifosato + 2,4-D	1080 + 1340	20,5 d	17,5 e	46,2 b	60,0 c	77,7 a	76,2 a	(-)
glifosato + [fluroxipir + triclopir] ¹	1080 + [480 + 1440] ²	27,7 d	45,0 d	58,0 b	89,5 a	95,2a	96,5 a	(-)
F calculado		49,4**	49,7**	37,4**	10,9**	4,86**	2,81**	
CV (%)		22,96	21,98	21,34	22,86	27,46	32,49	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste 'F'. ¹ mistura comercial; ² foi adicionado 0,5% (v v⁻¹) de óleo mineral; ³ foi adicionado 0,5% (v v⁻¹) adjuvante não iônico; ⁴ sinérgico (+) e antagonismo (-) considerando os dados de controle obtidos aos 42DAA, conforme a metodologia proposta por Colby (1967).

Tabela 4. Massa seca de parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSR) aos 42 após a aplicação dos tratamentos em cultivo protegido. Primeiro experimento (2017).

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	MSPA	MSR
		(g planta ⁻¹)	(g planta ⁻¹)
glifosato	1080	6,37	8,88
carfentrazone	40 ²	5,52	8,85
saflufenacil	49 ³	5,92	6,16
2,4-D	670	4,26	7,21
[fluroxipir + triclopir] ¹	[320 + 960] ²	7,23	2,56
glifosato + carfentrazone	720 + 40 ²	6,44	6,73
glifosato + saflufenacil	720 + 49 ³	6,86	9,77

^{ns} não significativo pelo teste 'F'.

¹ mistura comercial; ² foi adicionado 0,5% (v v⁻¹) de óleo mineral; ³ foi adicionado 0,5% (v v⁻¹) adjuvante não iônico.

Tabela 4. Continuação.

Tratamentos	Dose	MSPA	MSR
	(g ha ⁻¹)	(g planta ⁻¹)	(g planta ⁻¹)
glifosato + 2,4-D	720 + 670	7,84	5,62
glifosato + [fluroxipir + triclopir] ¹	720 + [320 + 960] ²	7,92	3,80
glifosato	2160	5,91	7,21
carfentrazone	60 ²	6,97	10,33
saflufenacil	98 ³	7,84	7,92
2,4-D	1340	6,75	5,39
[fluroxipir + triclopir] ¹	[480 + 1440] ²	5,17	3,95
glifosato + carfentrazone	1080 + 60 ²	8,32	7,50
glifosato + saflufenacil	1080 + 98 ³	9,53	7,92
glifosato + 2,4-D	1080 + 1340	6,36	6,60
glifosato + [fluroxipir + triclopir] ¹	1080 + [480 + 1440] ²	6,27	3,48
Testemunha sem aplicação	---	6,44	11,87
F calculado		1,41 ^{ns}	1,99 ^{ns}
CV (%)		29,91	46,85

^{ns} não significativo pelo teste 'F'.

¹mistura comercial; ² foi adicionado 0,5% (v v⁻¹) de óleo mineral; ³foi adicionado 0,5% (v v⁻¹) adjuvante não iônico.

Segundo experimento

Os resultados do controle químico das plantas de *M. sobolifera* em condições de campo estão descritos na Figura 1. O glifosato apresentou controle acima de 90% a partir da dose de 3000 g ha⁻¹ aos 21 DAA, entretanto, aos 42 DAA houve tendência de diminuição do controle mesmo na maior dose (Figura 1A). Estes resultados evidenciam que a maior dose avaliada (4000 g ha⁻¹) foi 2,2; 4,1; 1,6; e 5,5 vezes maior que a dose necessária para controlar 50% de alguns biótipos resistentes ao glifosato das espécies de *Amaranthus palmeri*, *Conyza canadensis*, *Digitaria insularis*, e *Eleusine indica*, respectivamente (Chahal et al., 2017; Kumar et al., 2017; Takano et al., 2017; Costa et al., 2018). Lacerda et al. (2019), recomendaram aplicar 1440 g ha⁻¹ de glifosato para obter controle superior a 80% das plantas daninhas *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis*, *D. insularis*, *Ipomoea grandifolia* e *Tridax procumbens* avaliadas aos 21 DAA.

O glufosinato apresentou elevada eficiência de controle já a partir da menor dose avaliada (Figura 1B), evidenciando a suscetibilidade da *M. sobolifera* aos inibidores da Glutamina Sintetase. Enquanto que, o carfentrazone e o saflufenacil apresentaram eficiência de controle de 80% a partir das doses de 60 e 105 g ha⁻¹, respectivamente (Figuras 1C e 1D). Estas doses foram superiores as utilizadas no experimento em vaso em cultivo protegido, onde o carfentrazone apresentou controle insatisfatório (<80%), ao contrário do saflufenacil (Tabela 2). Provavelmente há tolerância diferencial da *M. sobolifera* aos inibidores da PROTOX avaliados, exigindo doses mais elevadas para o carfentrazone e/ou que aplicações do saflufenacil em plantas mais jovem e que não tenham o sistema radicular muito desenvolvido possa apresentar maior eficácia de controle.

O baixo controle apresentado pelos herbicidas de contato glufosinato, carfentrazone e saflufenacil devido a rebrota das plantas logo após os 21 DAA pode ser justificado pela baixa translocação até o sistema radicular ou os pontos de crescimentos da planta e a alta capacidade de regeneração da *M. sobolifera* pelos rizomas. Neste caso, o efeito do controle poderia ser prolongado adotando-se estratégias como a aplicação sequencial de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, e/ou o uso de misturas em tanque com um herbicida sistêmico ou até mesmo de contato com efeito residual (Merchant, et al., 2014; Jhala et al., 2017).

Após uma falha na aplicação do herbicida de contato fomesafen (450 g ha⁻¹), a aplicação sequencial de glufosinato (450 ou 736 g ha⁻¹), ou 2,4-D (1120 g ha⁻¹), resultou em 87% a 99% de controle de *Amaranthus tuberculatus* (Haarmann et al., 2020). Do mesmo modo, a aplicação sequencial do de glufosinato (400 g ha⁻¹), após os tratamentos químico de glufosinato + 2,4-D (600 + 670 g ha⁻¹), glifosato + diclosulam + saflufenacil (1500 + 25,2 + 35 g ha⁻¹) e glufosinato + saflufenacil / imazethapyr + 2,4-D (600 + 35,6/100,4 + 670 g ha⁻¹) resultaram em controle superior a 90% de *Conyza* spp., por até cinco semanas da aplicação sequencial (Albrecht et al., 2020). De acordo com Zobiole et al. (2018), a mistura em tanque [diclosulam + halauxifen] + glifosato ([25,5 + 5,1] + 960 g ha⁻¹), associado ao glufosinato (366 g ha⁻¹) ou saflufenacil (35 g ha⁻¹) em aplicações sequenciais, mostrou ser uma importante ferramenta para controle de *Conyza* spp. em diferentes estágios de desenvolvimento. Ressalta-se que ao escolher a estratégia de controle químico, é importante considerar o uso de vários mecanismos de ação para diminuir a pressão de seleção de biótipos resistentes (Hedges et al., 2018).

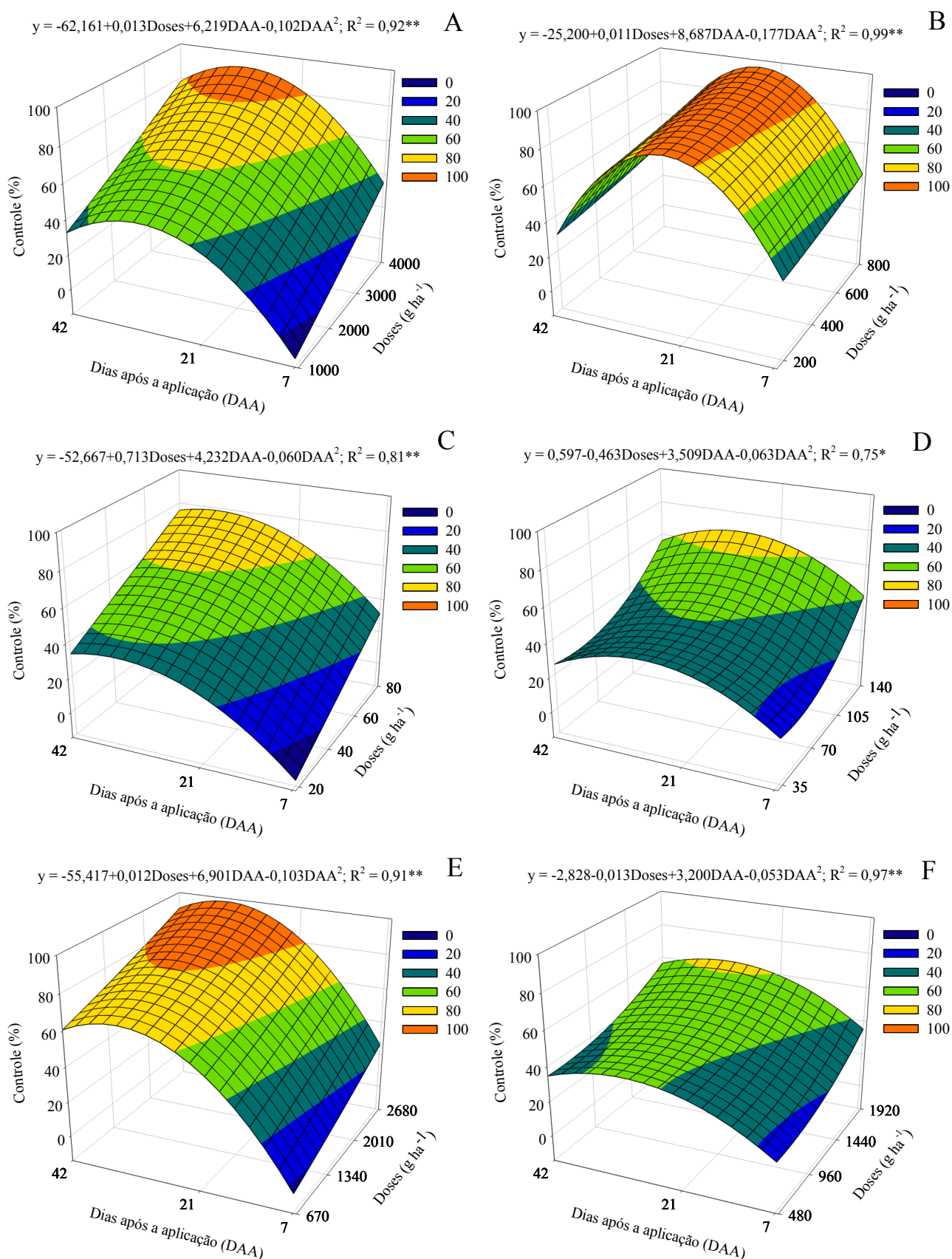


Figura 1. Porcentagem de controle das plantas de *M. sobolifera* após a aplicação dos tratamentos em condições de campo. Segundo experimento (2018). glifosato (A), glufosinato (B), carfentrazona (C), saflufenacil (D), 2,4-D (E), e triclopir (F). * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste 'F', respectivamente.

Dentre os mimetizadores da auxina aplicados de forma isolada, o 2,4D foi mais eficiente do que o tricoplr (Figuras 1E e 1F), principalmente quando se utilizou doses superiores a 1340 g ha⁻¹ aos 21 DAA. Já, a mistura comercial

do fluroxipir + tricoplr foi extremamente eficiente no controle da *M. sobolifera* desde a menor dose avaliada (Figura 2), demonstrando a ocorrência de sinergismo entre os princípios ativos.

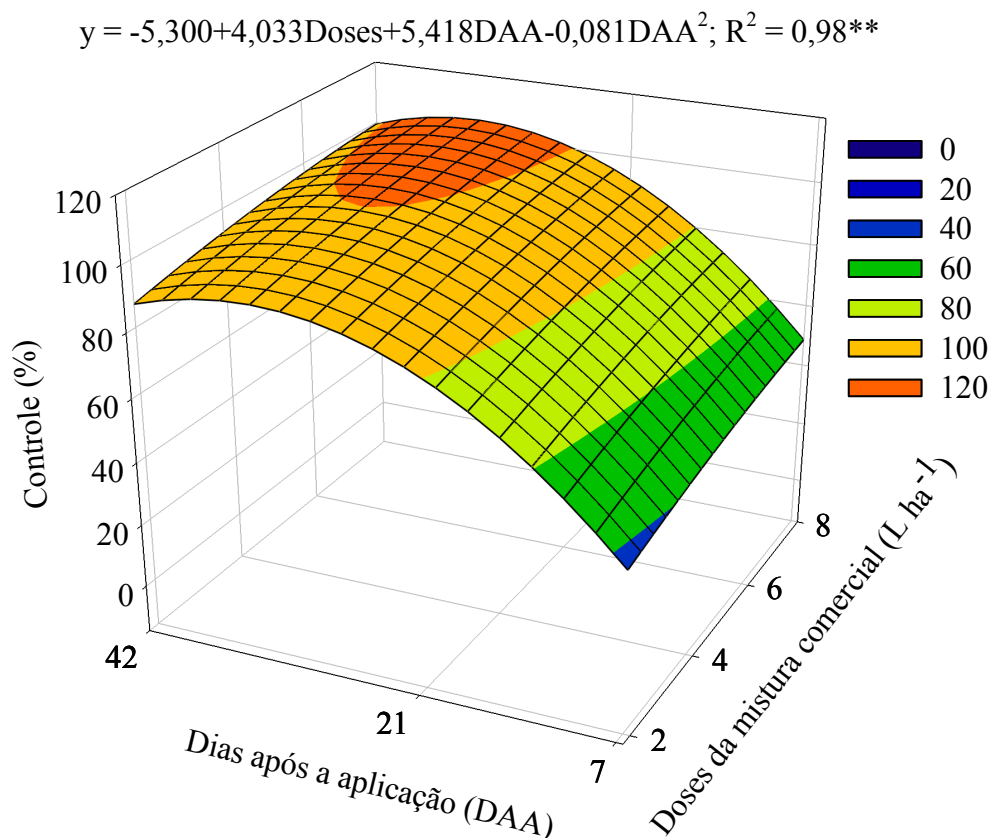


Figura 2. Porcentagem de controle das plantas de *M. sobolifera* após a aplicação da mistura comercial fluroxipir + tricoplr em condições de campo. Segundo experimento (2018). ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste 'F'.

A mistura de herbicidas auxínicos tende a apresentar maior persistência no solo (até 360 dias) do que as moléculas isoladas e este fato pode prejudicar o desenvolvimento de culturas dicotiledôneas em sucessão (Santos et al., 2006). Apesar de Laird et al. (2016) terem constatado que espécies de leguminosas (*Trifolium* spp.), foram capazes de tolerar fluroxipir + tricoplr (70 + 210 g ha⁻¹), imediatamente após o plantio, sem impacto negativo na produtividade, ainda são necessários mais estudos para avaliar a melhor maneira de utilização destas moléculas em programas de controle da *M. sobolifera* na pré semeadura das culturas, por exigirem doses mais elevadas.

Ao contrário do que foi observado no experimento em vaso, todos os herbicidas aplicados isolados além da mistura comercial promoveram redução da massa seca da parte aérea das plantas de *M. sobolifera* aos 42DAA à medida que se aumentou a dose (Figuras 3 e 4).

De modo geral, estes resultados indicam que existem possibilidades de herbicidas dessecantes disponíveis no mercado para serem utilizados no manejo químico das plantas de *M. sobolifera* na pré-semeadura das culturas agrícolas, entretanto ainda há a necessidade de validar as melhores estratégias de controle de misturas em tanque ou sequenciais, uma vez que a aplicação isolada de herbicidas de contato ou sistêmico não garante o controle eficiente por muito tempo.

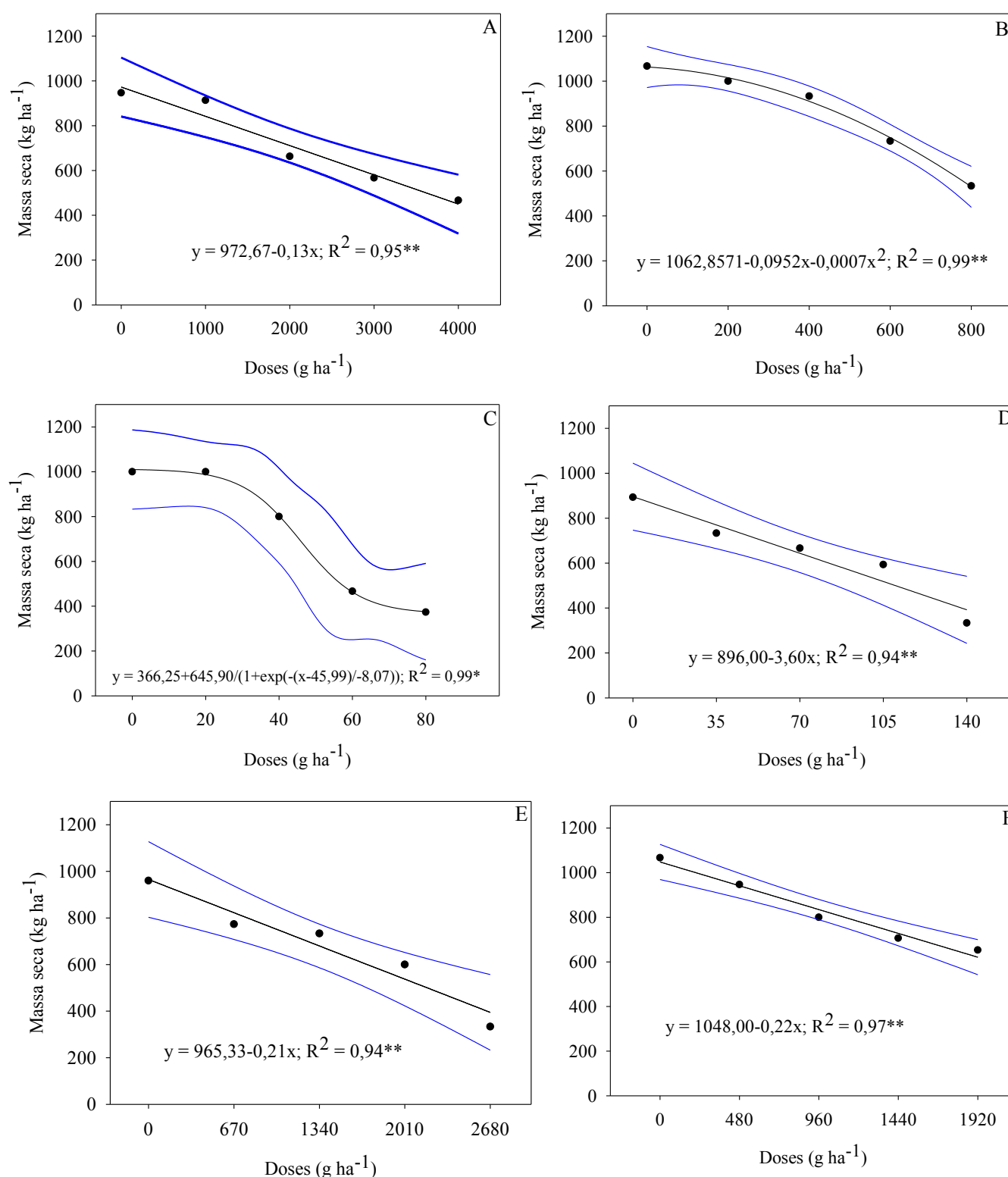


Figura 3. Massa seca da parte aérea das plantas de *M. sobolifera* aos 42 após a aplicação dos tratamentos em condições de campo. Segundo experimento (2018). glifosato (A), glufosinato (B), carfentrazona (C), saflufenacil (D), 2,4-D (E), e triclopir (F). * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste 'F', respectivamente (as linhas azuis indicam o intervalo de confiança a 95%).

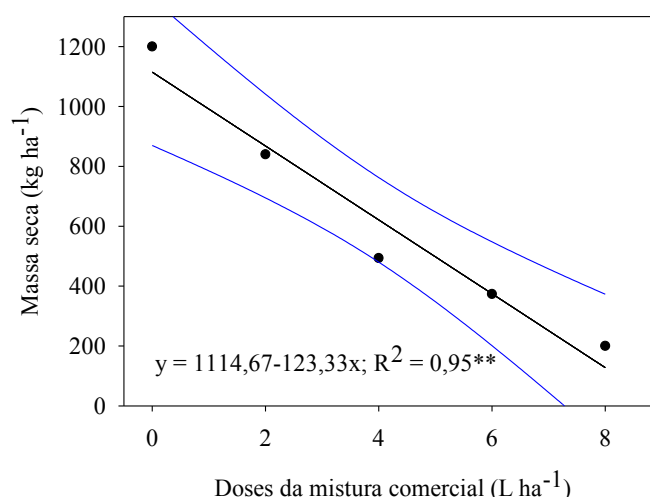


Figura 4. Massa seca da parte aérea das plantas de *M. sobolifera* aos 42 dias após a aplicação da mistura comercial fluroxipir + triclopir em condições de campo. Segundo experimento (2018). ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste 'F' (as linhas azuis indicam o intervalo de confiança a 95%).

4. Conclusões

No experimento em vaso, os tratamentos mais eficientes (>80%) aos 42 DAA foram as aplicações isoladas de glifosato (2160 g ha⁻¹), carfentrazone (60 g ha⁻¹), e 2,4-D (670 e 1340 g ha⁻¹), além das misturas de [fluroxipir + triclopir] (320 + 960 e 480 + 1440 g ha⁻¹), glifosato + carfentrazone (720 + 40 e 1080 + 60 g ha⁻¹), glifosato + 2,4-D (1080 + 1340 g ha⁻¹), e glifosato + [fluroxipir + triclopir] (720 + [320 + 960] e 2160 + [480 + 1440] g ha⁻¹). Enquanto que no experimento a campo, os controles mais eficientes (>80%) a partir de 21 DAA foram obtidos pelo glifosato (>3000 g ha⁻¹), glufosinato (≥200 g ha⁻¹), carfentrazone

(≥ 60 g ha⁻¹), saflufenacil (≥ 105 g ha⁻¹), 2,4-D (≥ 1340 g ha⁻¹) e a mistura comercial fluroxipir + triclopir (≥ 160 + 480 g ha⁻¹).

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com concessão de bolsa produtividade ao primeiro autor.

Referências

Agostinetto MC, Carvalho LC, Ansolini HH, Andrade TCGR, Schmit R. Sinergismo de misturas de glyphosate e herbicidas inibidores da PROTOX no controle de corda-de-violão. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 2016;15(1):8-15. Available from: <https://doi.org/10.5965/223811711512016008>

Albrecht AJP, Albrecht LP, Silva AFM, Ramos RA, Corrêa NB, Carvalho MG, et al. Controle de *Conyza* spp. com aplicação sequencial de glufosinato em pré-semeadura da soja. *Ciênc. Rur.* 2020;50(9):e20190868. Available from: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190868>

Brighenti AM, Fernandes PB, Adegas FS, Gazziero DLP, Voll E. Caetê (*Maranta sobolifera*): controle químico em pós-emergência. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 25., 2006, **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas. 386p.

Brunharo C, Christoffoleti P, Nicolai M. Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. *Rev. Br. Herb.* 2014;13(2):163-177. Available from: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190868>

doi.org/10.7824/rbh.v13i2.293

Chahal OS, Varanasi VK, Jugulam M, Jhala AJ. Glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Nebraska: confirmation, EPSPS gene amplification, and response to post corn and soybean herbicides. *Weed Technol.* 2017;31(1):80-93. Available from: <https://doi.org/10.1614/WT-D-16-00109.1>

Colby, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. *Weeds* 1967;15(1):20-22. Available from: <https://doi.org/10.2307/4041058>

Costa NV, Moratelli G, Ferreira SD, Salvalaggio AC, Rodrigues-Costa ACP. Resistance to glyphosate in populations of *Digitaria insularis*. *Pl. Dan.* 2018;36:e018175918. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100131>

Dalazen G, Kruse ND, Machado SLO, Balbinot A. Sinergismo na combinação de glifosato e saflufenacil para o controle de buva. *Pesq. Agrop. Trop.* 2015;45(2):249-256. Available from: <https://doi.org/10.1590/1983-4659-2015-0013>

40632015v4533708

Diggle AJ, Neve PB, Smith FP. Herbicides used in combination can reduce the probability of herbicide resistance in finite weed populations. *Weed Research* 2003;43(5):371-382. Available from: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00355.x>

Ferreira SD, Salvalaggio AC, Moratelli G, Vasconcelos ED, Costa NV. Commelina species control with desiccants alone and in mixtures. *Pl Dan.* 2017;35:e017165664. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100074>

Forzza RC. Flora da reserva Ducke, Amazonas, Brasil: marantaceae. *Rodriguesia* 2007;58(3):533-543.

Grossmann K, Niggeweg R, Christiansen N, Looser R, Ehrhardt T. The herbicide saflufenacil (kixorTM) is a new inhibitor of protoporphyrinogen IX oxidase activity. *Weed Sci.* 2010;58(1):1-9. Available from: <https://doi.org/10.1614/WS-D-09-00004.1>

Haarmann JA, Young BG, Johnson WG. Control of waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) regrowth after failed applications of glufosinate or fomesafen. *Weed Technol.* 2020;34(6):794-800. Available from: <https://doi.org/10.1017/wet.2020.58>

Hedges BK, Soltani N, Robinson DE, Hooker DC, Sikkema PH. Control of glyphosate-resistant Canada fleabane in Ontario with multiple effective sites-of-action in glyphosate/dicamba-resistant soybean. *Can J Plant Sci.* 2018;99(1):78-83. Available from: <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0067>

Jhala AJ, Sandell LD, Sarangi D, Kruger GR, Knezevic SZ. Control of glyphosate-resistant common waterhemp (*Amaranthus rudis*) in glufosinate-resistant soybean. *Weed Technol.* 2017;31(1):32-45. Available from: <https://doi.org/10.1017/wet.2016.8>

Krenchinski FH, Albrecht AJP, Albrecht LP, Cesco VJS, Rodrigues DM, Filho RV. Application rates and herbicide in weed control in pasture. *Rev Br Herb.* 2015;14(4):271-279. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v14i4.435>

Kumar V, Jha P, Jhala AJ. Confirmation of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) in Montana cereal production and response to post herbicides. *Weed Technol.* 2017;31(6):799-810. Available from: <https://doi.org/10.1017/wet.2017.49>

Kuhn VG, Ferreira SD, Carvalho AO, Fey E, Costa NV. Economic weed threshold of *Maranta sobolifera* plants in off-season corn. *Rev Br Milho e Sorgo* 2021;20:e1222. Available from: <https://doi.org/10.18512/rbms2021vol20e1222>

Lacerda ALS, Victoria Filho R, Souza ZM, Torres JLR. Use of different doses of glyphosate to control invasive plants: *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis*, *Digitaria insularis*, *Ipomoea grandifolia* and *Tridax procumbens*. *Aus Jour Crop*

Sci. 2019;13(4):529-535. Available from: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.04.p1432>

Laird AS, Miller DK, Griffin JL, Twidwell EK, Alison MW, Blouin DC. Residual effect of herbicides used in pastures on clover establishment and productivity. *Weed Technol.* 2016;30(4):929-936. Available from: <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00142.1>

Lawrence BH, Bond JA, Eubank TW, Golden BR, Cook DR, Mangialardi JP. Evaluation of 2,4-D-based herbicide mixtures for control of glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Weed Technol.* 2018;33(2):263-271. DOI Available from: <https://doi.org/10.1017/wet.2018.96>

Maciel CDG, Polettine JP, Amstalden SL, Gazziero DLP, Raimondi MA, Lima GRG, et al. Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba, erva-de-touro e capim carrapicho em soja RR®. *Rev Cer.* 2011;58(1):35-42. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000100006>

Merchant RM, Culpepper AS, Eure PM, Richburg JS, Braxton LB. Controlling glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in cotton with resistance to glyphosate, 2,4-D, and glufosinate. *Weed Technol.* 2014;28(2):291-297. Available from: <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00104.1>

Presoto JC, Andrade JF, Carvalho JPC. Interação e eficácia de misturas em tanque dos herbicidas saflufenacil e glyphosate. *Revista Brasileira de Herbicidas* 2020;19(4):1-7. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v19i4.721>

Robinson AP, Simpson DM, Johnson WG. Summer annual weed control with 2,4-D and glyphosate. *Weed Technol.* 2012;26(4):657-660. Available from: <https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00081.1>

Rocha DC, Rodella RA, Martins D, Maciel CDG. Efeito de herbicidas sobre quatro espécies de trapoeraba. *Pl Dan.* 2007;25(2):359-364. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000200016>

Santos MV, Freitas FCL, Ferreira FA, Viana RG, Santos LDT, Fonseca DM. Eficácia e persistência no solo de herbicidas utilizados em pastagem. *Pl Dan.* 2006;(1)24:391-398. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000200024>

SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina - PR, 1995. 42p.

Shaw DR, Arnold JC. Weed control from herbicide combinations with glyphosate. *Weed Technol.* 2002;16(1):1-6. Available from: [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0001:WCFHCW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0001:WCFHCW]2.0.CO;2)

Silva CA, Miranda GRB, Alves AD, Goulart RR. Chemical control of *Conyza canadensis* (L.), in mixtures of herbicides

with glyphosate in coffee crop. *Coffee Sci.* 2018;13(2):252-256. Available from: <https://doi.org/10.25186/cs.v13i2.1430>

Takano HK, Oliveira Jr. RS, Constantin J Braz GBP, Gheno EA. Goosegrass resistant to glyphosate in Brazil. *Pl Dan.* 2017;35:e017163071. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100013>

Vidal RA, Queiroz ARS, Trezzi MM, Kruse ND. Association of glyphosate with other agrochemicals: the knowledge synthesis. *Rev Br Herb.* 2016;15(1):39-47. Available from: <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.428>

Yoshida-Arns KN, Mayo S, Alves MVO. gênero *Maranta* L. (Maranthaceae) no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. *Insula* 2002;1(31):39-57.

Zhang J, Hamill AS, Weaver SE. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. *Weed Technol.* 1995;9(1):86-90. Available from: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00023009>

Zobiole LHS, Krenchinski FH, Pereira GR, Rampazzo PE, Rubin RS, Lucio FR. Management programs to control *Conyza* spp. in pre-soybean sowing applications. *Pl Dan.* 2018;36:e018175883. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100076>