

Persistência de herbicidas dessecantes aplicados em milho transgênico sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae)¹

Persistence of desiccant herbicides applied to transgenic maize on *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Rafael Antonio Pasini^{2*}, Anderson Dionei Grützmacher², Daniel Spagnol³, Ronaldo Zantedeschi² e Felipe Freire Friedrich²

RESUMO - O milho é um dos cereais mais cultivados no mundo e para a obtenção de altas produtividades é imprescindível o controle adequado das plantas daninhas. Contudo, a utilização de herbicidas pode comprometer os efeitos benéficos da ação dos inimigos naturais, entre eles o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum*. O objetivo deste trabalho, foi estimar a duração da atividade nociva de herbicidas dessecantes aplicados em milho transgênico ao parasitoide *T. pretiosum* através de testes de persistência. Foram realizados bioensaios em laboratório, expondo-se os adultos do parasitoide aos resíduos dos herbicidas, utilizando-se as metodologias propostas pela “International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants” (IOBC). Os herbicidas foram pulverizados sobre as folhas das plantas de milho transgênico, que foram levadas ao laboratório para a confecção de gaiolas de exposição, onde adultos de *T. pretiosum* foram expostos aos 3; 10; 17; 24 e 31 dias após esta aplicação. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada tratamento. A redução do parasitismo em relação à testemunha foi utilizada para classificar os agrotóxicos quanto à seletividade e, posteriormente quanto à persistência. Os herbicidas dessecantes à base de sal de isopropilamina (Glifosato® Atanor 48, Gli-Up® 480 SL, Roundup® Original, Roundup® Transorb, Roundup® WG, Shadow® 480 SL, Stinger® e Trop®), sal de potássio (Zapp® Qi 620) e de sal de amônio (Finale®) foram considerados de vida curta, tendo menos de cinco dias de atividade nociva sobre o parasitoide. Assim, liberações inundativas de *T. pretiosum* podem ser realizadas aos três dias após pulverização destes herbicidas dessecantes.

Palavras-chave: Controle biológico. Controle químico. Parasitoide de ovos. *Zea mays*.

ABSTRACT - Maize is one of the most cultivated cereals in the world, and in order to obtain high yields adequate weed control is essential. However, the use of herbicides may compromise the beneficial effects of the actions of natural enemies, among them the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. The aim of this study was to estimate the duration of the harmful activity of desiccant herbicides applied to transgenic maize on the parasitoid *T. pretiosum* through persistence testing. Bioassays were carried out in the laboratory, where the adult parasitoids were exposed to herbicide residue following the methods proposed by the ‘International Organisation for Biological Control of Noxious Animals and Plants1 (IOBC). The herbicides were sprayed onto the leaves of plants of transgenic maize, which were taken to the laboratory for the construction of cages where adults of *T. pretiosum* were exposed to 3, 10, 17, 24 and 31 days after application. A completely randomised design was used with four replications per treatment. The reduction in parasitism relative to the control was used to classify the pesticides for selectivity and then for persistence. The desiccant herbicides based on isopropylamine salt (Glifosato® Atanor 48, Gli-Up® 480 SL, Roundup® Original, Roundup® Transorb, Roundup® WG, Shadow® 480 SL, Stinger® and Trop®), potassium salt (Zapp® Qi 620) and ammonium salt (Finale®) were considered to be short-lived, with less than five days of harmful activity against the parasitoid. Extremely large releases of *T. pretiosum* can therefore be carried out three days after spraying these desiccant herbicides.

Key words: Biological control. Chemical control. Egg parasitoid. *Zea mays*.

DOI: 10.5935/1806-6690.20170020

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 29/11/2013; aprovado em 13/05/2016

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas

²Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas/UFPEL, Campus Universitário, Caixa Postal 354, Pelotas-RS, Brasil, 96.010-900, rafa.pasini@yahoo.com.br, adgrutzm@ufpel.edu.br, ronaldozantedeschi@gmail.com, felipefreirefriedrich@hotmail.com

³Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas/UFPEL, Pelotas-RS, Brasil, spagnol.agro@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O milho é uma das principais culturas agrícolas mais produzidas e cultivadas no mundo (CANCELLIER *et al.*, 2011), sendo que no Brasil ocupa uma área total de 15,6 milhões de hectares, com produção de 81 milhões de toneladas por ano e produtividade média em torno de 5 toneladas por hectare (CONAB, 2013).

Durante o ciclo da cultura, ocorre a associação de um complexo de pragas, como por exemplo, insetos, doenças e plantas daninhas, as quais podem comprometer a máxima expressão do potencial de produção (RODRIGUES; SILVA, 2011). Em função de inadequados métodos de controle, as plantas daninhas podem causar perdas de produtividade de 13 a 85% (CARVALHO, 2007).

O controle químico com herbicidas é o método mais utilizado para o manejo de plantas daninhas, devido à facilidade de aplicação, menor gasto de mão de obra e eficiência de controle (DAN *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2012). Além disso, com o advento da transgenia, cultivares de milho tolerantes aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio tem sido cada vez mais utilizadas, pois esta tecnologia permite o controle eficiente dessas plantas em pós-emergência (MONQUERO *et al.*, 2005).

Contudo o controle químico realizado ainda nos primeiros estádios vegetativos da cultura pode provocar efeitos adversos às comunidades de insetos benéficos como por exemplo, aos parasitoides do gênero *Trichogramma* (STEFANELLO JÚNIOR *et al.*, 2011). Este parasitoide é um importante agente de controle natural de ovos de lepidópteros-praga na cultura do milho, destacando-se no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (SOARES *et al.*, 2012) e de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) (FORESTI *et al.*, 2012). Além disso, Dequech *et al.* (2013) relatam que dentre os ovos parasitados naturalmente por trichogrammatídeos, a espécie *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é a que apresenta maior representatividade na cultura do milho.

A análise da interação do controle biológico com o químico foi desenvolvida através de testes de seletividade aos inimigos naturais pela “International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants” (IOBC) - “West Palaearctic Regional Section” (WPRS) que estabeleceu diretrizes para a condução de bioensaios em diferentes fases e categorização dos agrotóxicos (HASSAN *et al.*, 2000; HASSAN; ABDELGADER, 2001). O gênero *Trichogramma* foi selecionado pela IOBC como indicador para a ordem Hymenoptera, sobretudo pela sua maior suscetibilidade aos agrotóxicos (HASSAN; ABDELGADER, 2001), ampla distribuição mundial e facilidade de criação (POLANCZYK *et al.*, 2011).

No Brasil, pesquisas sobre persistência de agrotóxicos a *T. pretiosum* já foram realizadas para a cultura do pessegueiro (GIOLO *et al.*, 2008), macieira (NÖRNBERG *et al.*, 2011) e milho (STEFANELLO JÚNIOR *et al.*, 2012), porém esses trabalhos somente puderam avaliar o efeito de inseticidas e fungicidas sobre esse parasitoide, pois as videiras que são a planta padrão para os testes de persistência da IOBC morreriam dessecadas pela ação dos herbicidas dessecantes. Com o avanço da biotecnologia, genes de tolerância a herbicidas foram inseridos em cultivares de milho, e com isso testes de persistência com herbicidas tornaram-se passíveis de serem realizados com inimigos naturais.

Assim, em virtude da carência de informações referentes à persistência de herbicidas utilizados no manejo das plantas daninhas na cultura do milho, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da persistência de herbicidas dessecantes registrados e aplicados em milho transgênico aos adultos do parasitoide de ovos *T. pretiosum*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram conduzidos no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Campus Capão do Leão, RS, nos anos de 2012 e 2013 adaptando-se à metodologia padronizada pela “IOBC/WPRS” (HASSAN; ABDELGADER, 2001) para testes de persistência biológica. Em função da capacidade laboratorial, foram realizadas duas análises de persistências (I e II), cada uma consistindo de cinco bioensaios, sendo testados em cada, cinco herbicidas mais a testemunha (água destilada).

Os testes consistiram em pulverizar caldas dos diferentes herbicidas dessecantes registrados para a cultura do milho (AGROFIT, 2013) em folhas de milho transgênico, as quais foram coletadas em diferentes períodos de tempo para avaliação quanto à sua persistência sobre adultos de *T. pretiosum*. Alguns dos herbicidas utilizados foram selecionados de acordo com Stefanello Júnior *et al.* (2008) que os caracterizou como levemente nocivos (classes 2), moderadamente nocivos (classes 3) e nocivos (classes 4), sendo estes, os herbicidas Finale®, Roundup® Original, Roundup® Transorb, Roundup® WG, Trop® e Zapp® Qi 620 (Tabela 1). Também, Glifosato® Atanor 48, Gli-Up® 480 SL, Shadow® 480 SL e Stinger® foram testados previamente e observou-se que necessitavam de estudos mais aprofundados quando a sua persistência sobre *Trichogramma*.

As plantas foram cultivadas em casa-de-vegetação em vasos plásticos (0,17 m³) com oito orifícios na parte

Tabela 1 - Herbicidas dessecantes avaliados nos testes de persistência biológica a adultos de *Trichogramma pretiosum* utilizando dosagem máxima do produto comercial registrada para a cultura do milho

Produto comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	DC ¹	C.i.a. ²	C.p.c. ³
Finale [®]	glufosinato - sal de amônio	Homoalanina substituída	1,50	0,15	0,75
Roundup [®] WG	glifosato - sal de amônio	Glicina substituída	3,50	1,26*	1,75
Roundup [®] Original	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	6,00	1,08*	3,00
Roundup [®] Transorb	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	4,50	1,08*	2,25
Glifosato [®] Atanor 48	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	6,00	1,06*	3,00
Gli-Up [®] 480 SL	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	5,00	0,90*	2,50
Shadow [®] 480 SL	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	3,50	0,63*	1,75
Stinger [®]	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	5,00	0,90*	2,50
Trop [®]	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	6,00	1,08*	3,00
Zapp [®] Qi 620	glifosato - sal de potássio	Glicina substituída	4,20	1,05*	2,10

¹Dosagem de campo (Kg ou L ha⁻¹ do produto comercial) considerando um volume de calda de 200 L ha⁻¹; ²Concentração (%) do ingrediente ativo na calda utilizada nos bioensaios. *concentração (%) do equivalente ácido na calda utilizada nos bioensaios; ³Concentração (%) do produto comercial na calda utilizada nos bioensaios

inferior, dispostos sobre pratos plásticos que serviram para irrigação. O solo utilizado foi corrigido conforme a análise de solo. Para a adubação de base foi utilizado adubo químico 05-20-20, sendo também colocado nitrogênio em cobertura na forma de ureia, na proporção de 80 kg por hectare, quando as plantas de milho apresentavam entre quatro e seis folhas; ambos os procedimentos foram realizados conforme a análise química do solo e as exigências técnicas da cultura (RODRIGUES; SILVA, 2011). As plantas foram provenientes de sementes de dois híbridos de milho da empresa Pioneer[®], o híbrido 30F53R portador da tecnologia Roundup Ready milho 2[®], tolerante aos herbicidas a base de glifosato, e o híbrido 30F53H, portador da tecnologia Liberty Link[®], tolerante a herbicidas a base de glufosinato de amônio. Foram semeadas quatro sementes por vaso e após a emergência as plantas foram mantidas em estufa sem controle das condições ambientais. Antes da instalação dos experimentos, foi realizado desbaste, permanecendo duas plantas de milho híbrido por vaso.

As plantas ao atingirem o estágio vegetativo V6, foram submetidas a pulverizações até o ponto de escorrimento, com os herbicidas diluídos em volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹. Para isso, utilizou-se pulverizador manual com capacidade de 580 mL da marca Guarany[®], sendo as testemunhas pulverizadas apenas com água destilada. Posteriormente, as folhas de milho foram coletadas aos 3; 10; 17; 24 e 31 dias após a pulverização (DAP) e colocadas em gaiolas de exposição aos adultos de *T. pretiosum*.

A população dos parasitoides introduzida nas gaiolas foi oriunda de uma criação mantida em ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Zeller,

1879) (Lepidoptera: Pyralidae) sob condições controladas (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 14 h). Dessa forma, 300 ± 50 adultos de *T. pretiosum* com até 24 horas de emergência, foram inseridos nas gaiolas por meio de tubos de emergência (ampolas de vidro transparente), os quais ficaram conectados por 16 horas. Para acelerar a entrada dos parasitoides em cada gaiola, foi aumentada a intensidade luminosa na sala de testes por quatro horas. Após a desconexão, os tubos foram mantidos nas mesmas condições da criação por mais três dias, para serem utilizados no cálculo do número de insetos que entraram na gaiola.

Para a determinação do parasitismo de *T. pretiosum*, foram ofertados cartões com três círculos de 1 cm de diâmetro às 24 (três cartões), 48 (dois cartões) e 96 h (um cartão), contendo 450 ± 50 ovos inviabilizados de *A. kuehniella*, os quais permaneceram por 144 horas (seis dias) em contato com os parasitoides. No sétimo dia após o início dos bioensaios, as gaiolas foram desmontadas, sendo os cartões retirados e acondicionados em placas de Petri por mais três dias, permitindo o desenvolvimento do parasitoide até o estágio de pupa (ovos escuros), onde realizou-se a contagem do número de ovos parasitados.

O parasitismo de *T. pretiosum* foi avaliado de acordo com as diretrizes da IOBC a partir da contagem em lupa binocular estereoscópica dos ovos parasitados, e os herbicidas foram classificados como: inócuo (classe 1 = <30%), levemente nocivo (classe 2 = 31-80%), moderadamente nocivo (classe 3 = 81-99%) e nocivo (classe 4 = >99%). De acordo com a IOBC/WPRS, a classe da persistência de cada herbicida foi atribuída quando este causou menos de 30% de redução no

parasitismo, em duas semanas consecutivas e/ou ao final do bioensaio. Assim, os herbicidas foram classificados em: vida curta (classe 1 = <5 dias de atividade tóxica), levemente persistente (classe 2 = 5-15 dias), moderadamente persistente (classe 3 = 16-30 dias) e persistente (classe 4 = >31 dias) (HASSAN; ABDELGADER, 2001).

O número de fêmeas nas gaiolas foi calculado pela seguinte fórmula (1):

$$Fn = [(On \times Ip) - In] \times rs \quad (1)$$

sendo: *Fn*: é o número de fêmeas dentro da gaiola; *On*: número de ovos parasitados no círculo de 1 cm de diâmetro correspondente a repetição *n*; *Ip*: número médio de parasitoides emergidos por ovo; *In*: número de adultos remanescentes no interior do tubo de emergência correspondente a repetição *n*, e *rs*: razão sexual da população (NÖRNBERG *et al.*, 2011). O número médio de parasitoides por ovo e a razão sexual, foram obtidos pela avaliação de quatro círculos de 1 cm de diâmetro contendo ovos de *A. kuehniella* parasitados.

Os dados obtidos quanto ao número médio de ovos parasitados por fêmea em cada tratamento foram testados quanto à normalidade pelo teste Shapiro-Wilk, bem como foi realizada a análise de variância, sendo analisado o valor de significância do F ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R Core Team (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a variável número de ovos parasitados por fêmea não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos nas avaliações aos 3; 10; 17; 24 e 31 dias após a pulverização das plantas (DAP) tanto nos bioensaios da Persistência I como para a Persistência II (Tabela 2).

Nos bioensaios das Persistências (I), observou-se que aos 3; 10; 17; 24 e 31 DAP, o número médio de ovos parasitados por fêmea de *T. pretiosum* nas testemunhas foram de no mínimo 25,29 e para a Persistência (II) de 23,65 (Tabela 2). Segundo a IOBC/WPRS estes resultados são adequados por se encontrarem acima do valor mínimo (15 ovos parasitados por fêmea), sendo esta variável considerada como critério de validação dos bioensaios para a espécie *Trichogramma cacoeciae* Marchal, 1927 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), haja vista que os resultados dos demais tratamentos são obtidos em relação a esse tratamento (HASSAN *et al.*, 2000; HASSAN; ABDELGADER, 2001). Embora esse valor mínimo ainda não tenha sido normatizado para a espécie *T. pretiosum*, vem sendo utilizado da mesma forma como

critério laboratorial para validação dos experimentos de seletividade com agrotóxicos (GIOLO *et al.*, 2005).

Em geral, nos bioensaios (Persistências I e II), foi verificada a inocuidade (classe 1) de todos os herbicidas em todas as épocas de avaliação ao parasitoide *T. pretiosum*, sendo o parasitismo dos tratamentos similar aos das testemunhas. O único herbicida que apresentou classe de seletividade diferente foi o dessecante Zapp® Qi 620 (Tabela 2), sendo classificado como levemente nocivo (classe 2) por apresentar redução no parasitismo de 40,12% na avaliação aos 3 DAP (Tabela 3).

Considerando o ingrediente ativo presente nas formulações comerciais à base de glifosato, verifica-se que o produto que apresenta sal de potássio em sua constituição (Tabela 1), apresentou toxicidade superior aos demais aos três DAP (Tabela 2). Segundo Giolo *et al.* (2005) dentre as formulações à base de glifosato, podem ser verificadas toxicidades diferenciadas para os sais de isopropilamina, de amônio ou potássio quando testados para as fases adultas de *T. pretiosum* em laboratório (sobre placas de vidro), sendo o sal de isopropilamina mais tóxico que o sal de potássio. No presente trabalho a interação com as plantas de milho levaram a inocuidade (Classe 1) dos herbicidas com sal isopropilamina (Tabela 2), já o sal de potássio manteve a classe 2 de seletividade, mas a interação com a planta fez com que a redução no parasitismo fosse em torno de 20% menor que no estudo de Giolo *et al.* (2005), demonstrando que a interação com a planta acelera o processo de degradação do herbicida, conseqüentemente o mesmo se torna menos tóxico aos adultos de *T. pretiosum*. Segundo Hetherington *et al.* (1999) a absorção de glifosato pelas plantas de milho tolerantes é elevada já um dia após o tratamento das mesmas, fato esse que certamente influencia na toxicidade a *T. pretiosum*. Isso reforça a importância de testes mais aprofundados como o de persistência para se ter o real efeito de um herbicida sobre o parasitoide em condições de campo.

Quanto à variável persistência, os herbicidas dessecantes Finale®, Glifosato® Atanor 48, Gli-Up® 480 SL, Roundup® Original, Roundup® Transorb, Roundup® WG, Shadow® 480 SL, Stinger®, Trop® e Zapp® Qi 620 foram classificados como de vida curta, pois apresentaram efeitos tóxicos inferiores a 5 dias (Tabela 3), sendo este efeito caracterizado pela redução inferior a 30% no parasitismo desde a primeira semana da pesquisa ou por duas semanas consecutivas na avaliação de 10 DAP. Nesse sentido, Bernard *et al.* (2010) observaram o efeito de agrotóxicos utilizados na cultura da videira, e verificaram que o herbicida Roundup não apresentou efeito sobre a mortalidade e fecundidade do ácaro predador *Euseius victoriensis* (Womersley, 1954) (Acari: Phytoseiidae) aos 2; 4 e 7 após a aplicação do mesmo em folhas de soja. Esses dados corroboram com os resultados do presente estudo

Tabela 2 - Número médio de ovos parasitados por fêmea de *Trichogramma pretiosum* e classes de toxicidade de herbicidas dessecantes usados na cultura do milho

Produto Comercial	DC ¹	Dias após a pulverização das plantas									
		3		10		17		24		31	
		Ovos/fêmea ²	C ³	Ovos/fêmea	C	Ovos/fêmea	C	Ovos/fêmea	C	Ovos/fêmea	C
Persistência I											
Testemunha		31,55±1,60 ^{ns}		29,10±1,98 ^{ns}		26,24±1,90 ^{ns}		27,48±1,20 ^{ns}		25,29±1,20 ^{ns}	
Finale [®]	1,50	24,54±1,32	1	28,52±1,76	1	25,75±0,96	1	29,56±2,79	1	27,02±2,53	1
Roundup [®] Original	6,00	25,15±4,67	1	28,54±2,58	1	24,74±1,40	1	26,40±1,09	1	24,18±2,48	1
Roundup [®] Transorb	4,50	26,59±1,40	1	26,34±1,13	1	24,50±2,05	1	26,72±1,09	1	23,87±1,03	1
Roundup [®] WG	3,50	27,29±4,20	1	28,30±1,44	1	25,45±0,99	1	26,74±1,80	1	23,24±0,90	1
Zapp [®] Qi 620	4,20	18,89±3,65	2	27,94±1,76	1	25,28±0,54	1	25,89±0,93	1	24,64±1,82	1
Persistência II											
Testemunha		23,65±0,95 ^{ns}		29,86±2,16 ^{ns}		31,71±1,42 ^{ns}		30,35±1,38 ^{ns}		30,60±0,96 ^{ns}	
Glifosato [®] Atanor 48	6,00	27,31±0,72	1	28,67±1,33	1	31,30±2,00	1	31,83±3,07	1	30,44±0,34	1
Gli-Up [®] 480 SL	5,00	28,03±2,94	1	27,72±3,18	1	31,39±0,68	1	29,76±1,23	1	29,56±2,23	1
Shadow [®] 480 SL	3,50	25,37±2,85	1	25,87±4,35	1	29,63±0,89	1	29,07±1,39	1	29,19±0,57	1
Stinger [®]	5,00	26,70±1,15	1	27,77±0,97	1	31,84±0,44	1	28,93±0,68	1	28,47±1,93	1
Trop [®]	6,00	23,04±1,48	1	29,02±1,40	1	29,95±1,24	1	29,99±2,83	1	29,46±1,2	1

¹Dosagem do produto comercial (Kg ou L ha⁻¹); ²Médias de ovos parasitados por fêmea; ns: são não significativo pelo teste F (p>0,05); ³C=Classes de seletividade da IOBC/WPRS em função da redução de parasitismo: 1=inócua (<30%), 2=levemente nocivo (30-79%), 3=moderadamente nocivo (80-99%), 4= nocivo (> 99%)

Tabela 3 - Redução do parasitismo de *Trichogramma pretiosum* e classes de persistência, segundo metodologia da IOBC/WPRS, para herbicidas dessecantes registrados para a cultura do milho em casa-de-vegetação

Produto comercial	DC ¹	Dias após pulverização das plantas					Persistência	
		3	10	17	24	31	Dias	Classe ³
		RP(%) ²	RP(%)	RP(%)	RP(%)	RP(%)		
Persistência I								
Testemunha	-	-	-	-	-	-	-	-
Finale [®]	1,50	22,21	1,99	1,86	0,00	0,00	<5	1
Roundup [®] Original	6,00	20,28	1,92	5,71	3,93	4,38	<5	1
Roundup [®] Transorb	4,50	15,72	9,48	6,63	2,76	5,61	<5	1
Roundup [®] WG	3,50	13,50	2,74	3,01	2,69	8,10	<5	1
Zapp [®] Qi	4,20	40,12	3,98	3,65	5,78	2,57	<5	1
Persistência II								
Testemunha	-	-	-	-	-	-	-	-
Glifosato [®] Atanor 48	6,00	0,00	3,98	1,29	0,00	0,52	<5	1
Gli-Up [®] 480 SL	5,00	0,00	7,16	1,00	1,94	3,39	<5	1
Shadow [®] 480 SL	3,50	0,00	0,00	6,55	4,21	4,60	<5	1
Stinger [®]	5,00	0,00	7,00	0,00	4,67	6,96	<5	1
Trop [®]	6,00	2,57	2,81	5,55	1,18	3,72	<5	1

¹Dosagem do produto comercial (Kg ou L ha⁻¹); ²RP = Redução do parasitismo comparado com a testemunha negativa (água destilada) utilizada no bioensaio; ³Classes da IOBC/WPRS, para testes de persistência em função da duração da atividade tóxica menor que 30% na redução do parasitismo em dias: 1 = vida curta (< 5 dias); 2 = levemente persistente (5-15 dias); 3 = moderadamente persistente (16-30 dias); 4 = persistente (> 30 dias)

onde a maioria dos produtos formulados com glifosato não apresentou efeito no parasitismo de *T. pretiosum* já aos 3 dias após a pulverização.

Resultados de testes de seletividade em condições de laboratório ao parasitoide *Trichogramma*, demonstraram que vários dos produtos utilizados no presente trabalho possuem atividade tóxica ao inimigo natural, para a cultura do pêssego (GIOLO *et al.*, 2005), maçã (MANZONI *et al.*, 2006, 2007) e milho (SEBAI; EL-TAWIL, 2012; STEFANELLO JÚNIOR *et al.*, 2008). Stefanello Júnior *et al.* (2008) estudaram a seletividade de 24 herbicidas recomendados para a cultura do milho, e classificaram os herbicidas Trop® e Zapp® Qi 620, como levemente nocivos (classe 2); já Finale®, Roundup® Original, Roundup® Transorb e Roundup® WG foram classificados como moderadamente nocivos (classe 3) aos adultos de *T. pretiosum*.

No entanto, deve-se salientar que os bioensaios de seletividade em laboratório sujeitam os parasitoides a máxima exposição aos resíduos dos herbicidas nas gaiolas de exposição. Segundo Hassan *et al.* (2000) os estudos de seletividade, devem ser conduzidos com as formulações comerciais dos agrotóxicos pois alguns adjuvantes, em especial surfactantes nos herbicidas, reduzem a tensão superficial e facilitam dessa forma a penetração do herbicida no organismo do inseto, gerando alteração na classe de seletividade. Ainda, é importante ressaltar que alguns herbicidas apresentam formulação oleosa e quando aplicadas em placas de vidro, os adultos de *T. pretiosum* ficam aderidos ao óleo e morrem pela ação física do herbicida e não pelo efeito tóxico em si (GIOLO *et al.*, 2006).

Agrotóxicos que se revelam tóxicos para *T. pretiosum* em bioensaios de seletividade em laboratório, podem apresentar efeitos reduzidos quando testados em condições de casa de vegetação (persistência) e campo (NÖRNBERG *et al.*, 2011). Nessas circunstâncias o inimigo natural, pode evitar os locais contaminados com os agrotóxicos, além da degradação dos produtos químicos ser acelerada devido a fotodegradação (ROCHA; CARVALHO, 2004).

Nas Persistências I e II (Tabela 2) foi possível observar que os produtos testados apresentaram pouca ou nenhuma toxicidade nos testes de persistência logo nos primeiros dias após a pulverização das plantas.

A persistência de um agrotóxico que se deposita sobre as folhas das plantas está relacionada aos processos degradativos bióticos e abióticos juntamente com a volatilização da molécula. Essa apresenta uma forte dependência, normalmente de forma não-linear, com a temperatura (GAVRILESCU, 2005). O presente estudo foi conduzido com plantas cultivadas em casa de vegetação, sem controle de condições ambientais, e nos meses de novembro a dezembro, que se caracterizou por temperaturas elevadas no RS, sendo que por vezes a

temperatura superava 35 °C dentro da casa-de-vegetação, o que provavelmente contribuiu para uma aceleração nos processos de degradação dos agrotóxicos.

Testes de persistência biológica auxiliam a estimar a duração da atividade tóxica de um agrotóxico, pois o seu impacto no campo é bastante afetado pela sua persistência (NÖRNBERG *et al.*, 2011). Segundo a metodologia da IOBC/WPRS, os agrotóxicos Finale®, Glifosato® Atanor 48, Gli-Up® 480 SL, Roundup® Original, Roundup® Transorb, Roundup® WG, Shadow® 480 SL, Stinger®, Trop® e Zapp® Qi 620 foram classificados como de vida curta (classe 1) nos bioensaios de persistência e por serem seletivos aos adultos de *T. pretiosum*, não necessitam passar para a próxima etapa de testes, a campo, em lavouras comerciais de milho.

CONCLUSÃO

Os herbicidas dessecantes Finale®, Glifosato® Atanor 48, Gli-Up® 480 SL, Roundup® Original, Roundup® Transorb, Roundup® WG, Shadow® 480 SL, Stinger®, Trop® e Zapp® Qi 620 são considerados de vida curta (classe 1) aos adultos de *T. pretiosum* com menos de 5 dias de ação nociva. Em função dos resultados obtidos, verifica-se que liberações inundativas de *T. pretiosum* para o controle de lepidópteros praga na cultura do milho, podem ser realizadas de forma segura logo aos 3 DAP dos herbicidas dessecantes, com o mínimo impacto sobre o parasitoide, para a maioria dos produtos testados.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela concessão de bolsas de iniciação científica e financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2013.
- BERNARD, M. B. *et al.* Reducing the impact of pesticides on biological control in australian vineyards: pesticide mortality and fecundity effects on an indicator species, the predatory mite *Euseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 6, p. 2061-2071, 2010.

- CANCELLIER, L. L. *et al.* Desempenho de populações de milho para produção de grãos e consumo *in natura* no Estado de Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 542-553, 2011.
- CARVALHO, L. B. *et al.* Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. BR-106 e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 293-301, 2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2013/14: segundo levantamento**. 2013. 71 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_11_08_54_13_boletim_portugues_novembro_2013_-_ok.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2013.
- DAN, H. A. *et al.* Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 388-393, 2010.
- DEQUECH, S. T. B. *et al.* Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by *Trichogramma* in maize. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 295-300, 2013.
- FORESTI, J. *et al.* Biologia, seleção e avaliação de linhagens de *Trichogramma* spp. para o controle da lagarta-da-espiga em milho semente. **EntomoBrasilis**, v. 5, n. 1, p. 43-48, 2012.
- GAVRILESCU, M. Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. **Engineering in Life Sciences**, v. 5, n. 6, p. 497-526, 2005.
- GIOLO, F. P. *et al.* Persistência de agrotóxicos indicados na produção integrada de pêssego a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 122-126, 2008.
- GIOLO, F. P. *et al.* Seletividade de formulações de glyphosate a *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 457-462, 2005.
- GIOLO, F. P. *et al.* Seletividade de glyfosate à *Trichogramma* -efeito indesejado. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 82, p. 34-36, 2006.
- HASSAN, S. A. *et al.* A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). In: CANDOLFI, M. P. *et al.* **Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods**. Reinheim: IOBC-WPRS, 2000. p.107-119.
- HASSAN, S. A.; ABDELGADER, H. A sequential testing program to assess the effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). **IOBC-WPRS Bulletin**, v. 24, n. 4, p. 71-81, 2001.
- HETHERINGTON, P. R. *et al.* The absorption, translocation and distribution of the herbicide glyphosate in maize expressing the CP-4 transgene. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, n. 339, p. 1567-1576, 1999.
- MANZONI, C. G. *et al.* Seletividade de agroquímicos utilizados na produção integrada de maçã aos parasitoides *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Bioassay**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2007.
- MANZONI, C. G. *et al.* Seletividade de agrotóxicos usados na produção integrada de maçã para adultos de *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1461-1467, 2006.
- MONQUERO, P. A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 517-531, 2005.
- NÖRNBERG, S. D. *et al.* Persistência de agrotóxicos utilizados na produção integrada de maçã a *Trichogramma pretiosum*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 305-313, 2011.
- POLANCZYK, R. A. *et al.* Influência da densidade de ovos de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera: Crambidae) na capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 2, p. 238-243, 2011.
- R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 29 out. 2013.
- ROCHA, L. C. D.; CARVALHO, G. A. Adaptação da metodologia padrão da IOBC para estudos de seletividade com *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 3, p. 315-320, 2004.
- RODRIGUES, L. R.; SILVA, P. R. F. (Org.). Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2011/2012 e 2012/2013. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 56., REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 39., 2011, Ijuí. Anais... Ijuí: Emater: Fepagro, 2011. 140 p.
- RODRIGUES, M. J. *et al.* Épocas da adubação nitrogenada relacionada à aplicação de nicosulfuron na cultura do milho. **Global Science And Technology**, v. 5, n. 1, p. 70-77, 2012.
- SEBAL, O. A. E.; EL-TAWIL, M. F. Side-effect of certain herbicides on egg parasitoid *Trichogramma evanescens* (West.) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Academic Journal of Entomology**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2012.
- SOARES, M. A. *et al.* Quality control of *Trichogramma atopovirilia* and *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) adults reared under laboratory conditions. **Brazilian Archives of Biology And Technology**, v. 55, n. 2, p. 305-311, 2012.
- STEFANELLO JÚNIOR, G. J. *et al.* Persistência de agrotóxicos utilizados na cultura do milho ao parasitoides *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 17-23, 2012.
- STEFANELLO JÚNIOR, G. J. *et al.* Seletividade de herbicidas registrados para a cultura do milho a adultos de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 343-351, 2008.
- STEFANELLO JÚNIOR, G. J. *et al.* Seletividade de herbicidas registrados para a cultura do milho aos estádios imaturos de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Planta Daninha**, v. 29, p. 1069-1077, 2011.