

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS REGISTRADOS PARA A CULTURA DO MILHO AOS ESTÁDIOS IMATUROS DE *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)¹

Selectivity of Herbicides Registered for Corn at the Immature Stages of Trichogramma pretiosum (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

STEFANELLO JR., G.J.², GRUTZMACHER, A.D.³, PASINI, R.A.⁴, BONEZ, C.⁴, MOREIRA, D.C.⁴ e SPAGNOL, D.⁴

RESUMO - O controle químico tem sido um dos métodos mais utilizados para o manejo de plantas daninhas na cultura do milho, no entanto o uso de herbicidas pode ocasionar efeitos adversos aos insetos benéficos, como os parasitoides de ovos. Nesse sentido, foi avaliada a seletividade de 12 herbicidas registrados para a cultura do milho para as fases imaturas de *Trichogramma pretiosum* em condições de laboratório (temperatura de 25±1 °C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14 horas). Os herbicidas foram diluídos em um volume proporcional a 200 L de água por hectare e pulverizados sobre ovos de lepidóptero contendo formas imaturas do parasitoide em seu interior, nas fases de ovo-larva, pré-pupa e pupa. Avaliou-se, então, a porcentagem de emergência dos parasitoides e, em função da comparação com a testemunha, classificaram-se os herbicidas em inócuo (classe 1, <30% na redução da emergência), levemente nocivo (classe 2, 30-79%), moderadamente nocivo (classe 3, 80-99%) e nocivo (classe 4, >99%). Os herbicidas Agrisato 480 SL, Finale, Glifos, Glifosato Nortox, Gliz 480 SL, Polaris, Roundup Original, Roundup Transorb, Roundup WG, Trop e Zapp Qi foram inócuos (classe 1) às diferentes fases imaturas de *T. pretiosum* e são considerados seletivos ao parasitoide. Gramoxone 200, embora tenha sido inócuo para as fases de ovo-larva e pré-pupa, foi considerado levemente nocivo (classe 2) para a fase de pupa. Nesse sentido, para melhor compatibilização do manejo químico das plantas daninhas e controle biológico de insetos, sugere-se que sejam utilizados, sempre que possível, aqueles herbicidas que permitem maior sobrevivência de *T. pretiosum*.

Palavras-chave: controle biológico, controle químico, efeitos colaterais, parasitoide de ovos, toxicidade, *Zea mays*.

ABSTRACT - - Chemical control has been one of the most widely used methods for weed management in corn. However, the use of herbicides can cause adverse effects on beneficial insects, such as egg parasitoids. Thus, this work aimed to evaluate the selectivity of 12 herbicides registered for corn at the immature stages of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory conditions (temperature 25±1 °C, relative humidity 70±10%; photoperiod 14 hours). The herbicides were diluted in a proportion of 200 L of water per hectare and sprayed on lepidopteran eggs containing immature forms of the parasitoids, at the egg-larva, prepupae and pupae stages. The emergence percentage of parasitoids was evaluated, and, when compared with the control, the herbicides were classified as harmless (class 1, <30% reduction in emergence), slightly harmful (class 2, 30-79%), moderately harmful (class 3, 80-99%) and harmful (class 4, >99%). The herbicides Agrisato 480 SL, Finale, Glifos, Glifosato Nortox, Gliz 480 SL, Polaris, Roundup Original, Roundup Transorb, Roundup WG, Trop and Zapp Qi were classified as harmless (class 1) at different immature stages of *T. pretiosum*, and considered selective to the parasitoid. Although harmless at the egg larva and prepupae stages, Gramoxone 200 was classified as slightly harmful (class 2) at the pupae stage. Accordingly, to better reconcile the chemical management of weeds with the biological control of insects, the use of herbicides allowing greater survival of *T. pretiosum* is suggested, whenever possible.

Keywords: biological control, chemical control, side effects, egg parasitoid, toxicity, *Zea mays*.

¹ Recebido para publicação em 7.9.2010 e aprovado em 19.7.2011.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, Campus Sertão, Sertão-RS, Brasil; ³ Dep. de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas-RS, Brasil, <adgrutzm@ufpel.edu.br>;

⁴ Bolsistas do Departamento de Fitossanidade, UFPel.



INTRODUÇÃO

O milho caracteriza-se como importante fonte de suprimento energético para alimentação animal no Brasil, sendo uma das principais culturas para essa finalidade, e conta com produção aproximada de 51,2 milhões de toneladas em área de cerca de 13,8 milhões de hectares. Apesar disso, a produtividade média nacional de 3.700 kg ha⁻¹ (IBGE, 2010) está aquém das observadas internacionalmente, que ultrapassam 9.000 kg ha⁻¹ (USDA, 2008). Ademais, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2009) projeta para 2018/19 uma produção de 73 milhões de toneladas para uma área de 16,4 milhões de hectares e produtividade média nacional aproximada de 4.450 kg ha⁻¹, ou seja, uma necessidade de incremento de 20% na produção por hectare.

No entanto, associa-se à cultura do milho um complexo de pragas que, em muitos momentos, comprometem a alta produtividade e a expressão do potencial de produção. Nesse cenário, as plantas daninhas assumem importante destaque, pois já foram descritas perdas médias de 13% em função da interferência na cultura, principalmente por competição, as quais podem chegar a 85% quando manejadas inadequadamente (Karam & Melhorança, 2009). Assim, o manejo das plantas daninhas é realizado geralmente da pré-semeadura ao desenvolvimento inicial das plantas, a fim de permitir um rápido estabelecimento da lavoura. Entretanto, o manejo químico de lavouras já nos primeiros estádios vegetativos pode causar efeitos negativos às comunidades de insetos benéficos, pois Figueiredo (2004) relata a ocorrência de parasitismo de lagartas de cerca de 53% logo nos primeiros 16 dias após a emergência da cultura do milho. Para parasitoide de ovos, Sá & Parra (1994) verificaram parasitismo de 98,3% em ovos de *Spodoptera frugiperda* entre 12 e 53 dias após o plantio, embora esses autores tenham considerado uma exceção, visto que esse fato foi verificado em uma postura de apenas uma camada, enquanto o normal de *S. frugiperda* é apresentar entre duas e três camadas de ovos.

Apesar de a taxa de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* não ser elevada para aquelas espécies cuja postura é realizada em

camadas e protegidas por escamas, como *S. frugiperda* (Beserra et al., 2002; Beserra & Parra, 2004), foi relatada redução de 63% nos danos após a liberação do parasitoide em lavoura de milho depois da primeira semana de emergência (Martinazzo et al., 2007). Ademais, já foi registrada liberação de *T. pretiosum* em várias lavouras, que juntas somaram mais de 3.000 hectares na região de Santa Maria, Rio Grande do Sul (Nava & Nachtigal, 2010). Himenópteros do gênero *Trichogramma* destacam-se não somente como inimigos naturais de *S. frugiperda*, mas também de *Helicoverpa zea*, e apresentam como principal vantagem o controle dos insetos-praga ainda na fase de ovo, ao parasitá-los, impedindo a eclosão da lagarta e de provocar danos à cultura (Sá & Parra, 1993; Cruz, 1995). Além de ter sido considerado um método eficiente, a liberação do parasitoide tem sido viável devido à sua disponibilidade comercial, principalmente, o que viabilizou tecnicamente a sua utilização como um método de manejo alternativo ao químico e o inseriu como opção em um programa de manejo integrado de pragas – MIP. Nesse sentido, a entomofauna benéfica, sobretudo a guilda dos parasitoides de ovos e larvais, pode ser afetada negativamente pela aplicação de agrotóxicos, como herbicidas (Stefanello Júnior, 2008), por exemplo, e necessita ser preservada, pois são importantes agentes de controle biológico de pragas remanescentes de cultivos anteriores.

A integração do controle biológico e químico necessita, portanto, ser validada a partir de testes de seletividade, permitindo assim a preservação da comunidade de insetos benéficos no sistema de produção. Para isso, o grupo de trabalho da “International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants” (IOBC) – “West Palaearctic Regional Section” (WPRS) estabeleceu as diretrizes para a condução de bioensaios em diferentes fases e categorização dos agrotóxicos quanto à seletividade: laboratório (fases adulta e imatura), laboratório/casa de vegetação (persistência) e campo (fase adulta) (Hassan et al., 2000; Hassan & Abdelgader, 2001). Para as pesquisas envolvendo parasitoides, foi selecionado o gênero *Trichogramma* como indicador para a ordem Hymenoptera, sobretudo pela sua maior suscetibilidade, bem como pela sua facilidade de criação (Hassan, 1998). Dessa forma,

T. pretiosum foi escolhido como indicador nos testes de seletividade para a cultura do milho, pois está associado a ela como importante inimigo natural (Molina-Ochoa et al., 2003) e por sua viabilidade de uso após intensas pesquisas por mais de 25 anos (Parra & Zucchi, 2004).

Trabalhos realizados por Stefanello Júnior (2007, 2008) sobre seletividade de agrotóxicos registrados para a cultura do milho a adultos de *T. pretiosum* demonstraram que a maioria dos herbicidas apresentou efeitos adversos aos adultos do parasitoide, sendo 18 deles tóxicos a essa fase de desenvolvimento. Embora trabalhos com fases imaturas de *Trichogramma* já tenham sido realizados com enfoque na cultura do milho, eles apenas envolveram a espécie *Trichogramma atopovirilia* e inseticidas (Maia, 2009).

A seletividade de herbicidas, entretanto, ainda não foi avaliada para as fases imaturas de *T. pretiosum* com ênfase na cultura do milho, principalmente utilizando metodologias padronizadas, como as da IOBC/WPRS, que permitem a comparação de dados com estudos realizados internacionalmente e a formação de redes de estudos sobre efeitos de agrotóxicos em organismos não alvo. Trabalhos envolvendo as fases imaturas de *T. pretiosum* e herbicidas, todavia, foram realizados considerando as dosagens dos herbicidas para a cultura da macieira (Manzoni et al., 2007; Nörnberg, 2008).

Dessa forma, e a partir das classificações dos agrotóxicos obtidas para adultos de *T. pretiosum* (Stefanello Júnior, 2007, 2008), a hipótese é de que os herbicidas também afetam as fases de ovo-larva, pré-pupa e pupa do parasitoide. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos de herbicidas registrados para a cultura do milho sobre a fase imatura de *T. pretiosum*, em laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios de seletividade às fases imaturas basearam-se na metodologia proposta pela IOBC/WPRS (Hassan et al., 2000; Hassan & Abdelgader, 2001). Para isso, os parasitoides foram obtidos de criação mantida em laboratório, utilizando ovos de *Anagasta kuehniella* como hospedeiro para multiplicação

de *T. pretiosum* (Parra, 1997). As condições de temperatura (25 ± 1 °C), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotofase (14 h) foram controladas tanto para a criação como durante a condução dos bioensaios. Para obtenção do parasitoide nas diferentes fases imaturas, foi colocado um cartão de cartolina contendo ovos de *A. kuehniella* em recipiente de vidro (cilindros com 25,0 cm de comprimento x 10,0 cm de diâmetro) que continha adultos de *T. pretiosum*. Cada cartão possuía 60 círculos de 1,0 cm de diâmetro, confeccionado com 400 ± 50 ovos de *A. kuehniella* cada um. Após colocar o cartão em tubo de vidro, as fêmeas dos parasitoides se direcionavam para os ovos, em número variável, e iniciavam o parasitismo. Os parasitoides utilizados com essa finalidade foram oriundos de cartões de 2,5 x 10 cm contendo ovos de *A. kuehniella* parasitados por *T. pretiosum*, originando aproximadamente 10 mil adultos. Essa etapa foi considerada finalizada quando as fêmeas apresentavam movimentação contínua (caminhamento) sobre os ovos – comportamento que reflete a procura de ovos ainda não parasitados. Após o parasitismo os parasitoides foram descartados e os cartões contendo ovos parasitados foram acondicionados em câmaras climatizadas, para dar condições adequadas ao desenvolvimento da forma imatura de *T. pretiosum*. Para cada bioensaio, esse procedimento foi realizado três vezes, sendo às 24 h (um dia), 72 h (três dias) e 168 h (sete dias) antes da pulverização, para que fossem obtidos os parasitoides nas fases de ovo-larva, pré-pupa e pupa, respectivamente, no interior do ovo do hospedeiro (Cônoli et al., 1999). Assim, de cada cartela contendo 60 círculos, foi selecionado o número de círculos necessários para cada tratamento, em cada fase de desenvolvimento do parasitoide.

Os herbicidas selecionados foram aqueles considerados nocivos (classes 2, 3 e 4) para a fase adulta de *T. pretiosum* (Stefanello Júnior et al., 2008) (Tabela 1), que, segundo a metodologia, necessitam ser avaliados para a fase imatura do parasitoide. O preparo da calda foi realizado diluindo-se cada produto comercial de maneira individualizada em pulverizadores manuais, em um volume proporcional a 200 L de água por hectare. Desse modo, foi possível obter a concentração do ingrediente ativo presente na calda, para que os resultados



Tabela 1 - Herbicidas avaliados nos testes de seletividade a imaturos de *Trichogramma pretiosum*, utilizando dosagem máxima do produto comercial registrado para a cultura do milho

Produto comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	DC ^{1/}	C.i.a. ^{2/}	C.p.c. ^{3/}	C.e.a. ^{4/}
Agrisato 480 SL	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	6,00	-	3,00	1,08
Finale	glufosinato - sal de amônio	Homoalanina substituída	1,50	0,15	0,75	-
Glifos	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	2,00	-	1,00	0,36
Glifosato Nortox	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	6,00	-	3,00	1,08
Gliz 480 SL	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	6,00	-	3,00	1,08
Gramoxone 200	dicloreto de paraquate	Bipiridilo	3,00	0,30	1,50	-
Polaris	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	5,00	-	2,50	0,90
Roundup Original	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	6,00	-	3,00	1,08
Roundup Transorb	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	4,50	-	2,25	1,08
Roundup WG	glifosato - sal de amônio	Glicina substituída	3,50	-	1,75	1,26
Trop	glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	6,00	-	3,00	1,08
Zapp Qi	glifosato - sal de potássio	Glicina substituída	4,20	-	2,10	1,05

^{1/} Dosagem de campo (L ha⁻¹ do produto comercial), considerando um volume de calda de 200 L ha⁻¹; ^{2/} Concentração (%) do ingrediente ativo na calda utilizada nos bioensaios; ^{3/} Concentração (%) do produto comercial na calda utilizada nos bioensaios; ^{4/} Concentração (%) do equivalente ácido na calda utilizada nos bioensaios.

pudessem ser comparados com as duas demais pesquisas publicadas nacional e internacionalmente. A calibração dos pulverizadores manuais (capacidade de 580 mL) foi realizada de maneira individualizada, mediante pesagem da deposição da calda sobre uma placa de vidro de 13 x 13 cm. Assim, priorizou-se uma deposição aproximada de 2,0 mg cm⁻² da placa, que foi aferida por balança eletrônica de precisão, sendo esse procedimento adotado para cada pulverizador antes da pulverização das caldas herbicidas.

Depois de realizadas todas as pulverizações, os cartões contendo ovos permaneceram por cerca de três horas em temperatura ambiente, para evaporar o excesso de umidade. Depois disso, cada círculo foi individualizado em tubos de vidro (10,0 cm de comprimento x 2,5 cm de diâmetro), tendo a extremidade vedada com tecido de algodão e atilhos de borracha, para evitar a fuga dos parasitoides após a emergência; cada círculo foi considerado uma repetição, num total de oito repetições por tratamento. Todos os tubos foram acondicionados em sala climatizada até a emergência dos adultos, sendo posteriormente contabilizado o número de ovos parasitados e adultos que emergiram, com auxílio de lupa binocular estereoscópica.

Com os dados obtidos, foi calculada a porcentagem de emergência dos adultos em

relação ao número de ovos parasitados em cada tratamento, a partir da média das repetições, dividindo-se o número de adultos que emergiram pelo número de ovos parasitados e multiplicando por 100. O resultado médio da porcentagem de emergência de adultos de cada tratamento foi comparado com o do tratamento testemunha, sendo esse procedimento realizado para cada fase imatura de *T. pretiosum* em cada bioensaio. Dessa forma, os herbicidas foram classificados quanto à seletividade em função da redução da porcentagem de emergência, em relação à testemunha. Nesse caso, a redução da emergência em porcentagem (RE) foi obtida da seguinte fórmula: RE = (porcentagem de emergência do tratamento testemunha - porcentagem de emergência do tratamento) / porcentagem de emergência do tratamento testemunha * 100. De acordo com a metodologia da IOBC/WPRS, os herbicidas foram então classificados como inócuo (classe 1, menos de 30% de redução na emergência de adultos do parasitoide), levemente nocivo (classe 2, 30-79%), moderadamente nocivo (classe 3, 80-99%) ou nocivo (classe 4, >99%).

De acordo com Hassan et al. (2000), análises complementares podem ser realizadas com os dados obtidos na pesquisa, embora a categorização em classes seja a principal análise proposta. Nesse sentido, análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SAS - Statistical Analysis System

(SAS, 2002). Foram realizados três bioensaios, utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado em um esquema fatorial 5 x 3 x 8 (tratamentos x fase de desenvolvimento x repetições) para cada bioensaio (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Os resultados obtidos quanto à porcentagem de emergência de cada tratamento foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, através do procedimento Univariate. Não atendida essa pressuposição, foi realizada análise não paramétrica pelo procedimento Npar1way (Kruskal-Wallis); após comprovação de diferença entre tratamentos, os dados foram transformados pelo procedimento Rank. A comparação de médias foi obtida pelo teste Bonferroni-Dunn *t*, utilizando-se o procedimento Glm ($p > 0,05$). Em caso de normalidade dos dados, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ou Tukey-Kramer, utilizando-se o procedimento Glm ($p > 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os herbicidas Agrisato 480 SL, Finale, Glifos, Gliz 480 SL, Glifosato Nortox, Polaris, Roundup Original, Roundup Transorb, Roundup WG, Trop e Zapp Qi foram inócuos (classe 1) às três fases de *T. pretiosum* (ovo-larva, pré-pupa e pupa). Gramoxone 200, entretanto, foi inócuo apenas para ovo-larva e pré-pupa e levemente nocivo (classe 2) para a fase de pupa do parasitoide (Tabela 2).

De acordo com as análises estatísticas dos bioensaios (Tabela 2), verificou-se que no bioensaio I a interação tratamento x estágio foi significativa ($F=3,74$; $gl=8$; $p=0,0007$) para a variável emergência de *T. pretiosum*. Entre os herbicidas, apenas Roundup Transorb diferiu significativamente quando avaliado em diferentes fases imaturas, pois apresentou menor valor de emergência em pré-pupa (101,65%) e pupa (107,54%). Valores de emergência acima de 100% indicam que mais de um parasitoide emergiu de um ovo parasitado por *T. pretiosum*, revelando que a fêmea parasitou o ovo mais de uma vez em alguns ovos. Ao analisar cada herbicida em cada fase de desenvolvimento, observou-se que apenas Roundup Transorb diferiu da testemunha para a fase de pré-pupa. Entretanto, Roundup Original, Roundup Transorb, Polaris e Trop foram

considerados inócuos (classe 1) às fases imaturas de *T. pretiosum*.

No bioensaio II (Tabela 2), a interação tratamento x estágio não foi significativa ($F=2,02$; $gl=8$; $p=0,0512$), embora tenha apresentado valor de “*p*” próximo ao estabelecido no teste (0,05). Entre os herbicidas, Glifos e Glifosato Nortox diferiram para a fase de ovo-larva, pois mostraram menores valores de emergência: 107,71 e 96,53%, respectivamente, quando comparados às demais fases imaturas. Quanto a classes de seletividade, Agrisato 480 SL, Glifos, Glifosato Nortox e Gliz 480 SL foram considerados inócuos (classe 1) às fases imaturas de *T. pretiosum*. As fases de ovo-larva, pré-pupa e pupa, em ordem decrescente, tenderam a ser mais afetadas pelos herbicidas avaliados. Em relação a cada fase imatura de desenvolvimento, diferiu da testemunha apenas o herbicida Gliz 480 SL para a fase de pré-pupa de *T. pretiosum*. Quanto às fases imaturas de ovo-larva e pré-pupa, nenhum herbicida diferiu do tratamento testemunha.

No bioensaio III (Tabela 2), a variável emergência de *T. pretiosum* diferiu significativamente para a interação tratamento x estágio ($F=4,95$; $gl=8$; $p < 0,0001$). Entre os herbicidas, entretanto, apenas Finale diferiu para a fase de ovo-larva pela menor emergência de *T. pretiosum*, com valor de 107,35%, em relação às demais fases de pré-pupa (117,01%) e pupa (142,95%). Em relação a cada fase imatura, diferiu da testemunha apenas Gramoxone 200 na fase de pupa do parasitoide. Para Gramoxone 200, a maior toxicidade também foi demonstrada pela maior redução na emergência de *T. pretiosum* para a fase de pupa, em que o herbicida foi considerado levemente nocivo (classe 2) para a fase de pupa e inócuo (classe 1) para as fases de ovo-larva e pré-pupa. Os demais herbicidas – Finale, Roundup WG e Zapp Qi – foram considerados inócuos (classe 1) às fases imaturas de *T. pretiosum*, embora tenham apresentado maior tendência de afetar negativamente as fases de pré-pupa e ovo-larva do parasitoide.

A inocuidade dos herbicidas Agrisato 480 SL, Finale, Glifos, Gliz 480 SL, Glifosato Nortox, Polaris, Roundup Original, Roundup Transorb, Roundup WG, Trop e Zapp Qi às três fases imaturas de *T. pretiosum* e de Gramoxone 200 para ovo-larva e pré-pupa do parasitoide não



Tabela 2 - Emergência (% ±EP) de *Trichogramma pretiosum*, redução de emergência (%) e classificação da seletividade do herbicida de acordo com a IOBC/WPRS, após a pulverização da calda sobre ovos de *Anagasta kuehniella* contendo o parasitoide, em seu interior, nas diferentes fases imaturas de desenvolvimento (temperatura de 25±1°C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14 horas)

Tratamento	DC ^{1/}	Fase de desenvolvimento								
		Ovo-Larva			Pré-pupa			Pupa		
		Emergência (%±EP) ^{2/}	RE ^{3/}	C ^{4/}	Emergência (%±EP)	RE	C	Emergência (%±EP)	RE	C
Bioensaio I										
Testemunha	-	126,33 ± 6,05 aA	-	-	124,47 ± 3,55 aA	-	-	120,78 ± 2,80 aA	-	-
Polaris	5,00	112,50 ± 3,67 aA	10,95	1	105,90 ± 2,31 abA	14,92	1	112,75 ± 2,34 aA	6,65	1
Roundup Transorb	4,50	129,21 ± 7,58 aA	0,00	1	101,65 ± 3,00 bB	18,34	1	107,54 ± 3,62 aB	10,96	1
Roundup Original	6,00	113,23 ± 3,72 aA	10,38	1	113,93 ± 2,88 abA	8,47	1	125,23 ± 2,95 aA	0,00	1
Trop	6,00	126,40 ± 2,28 aA	0,00	1	118,22 ± 4,19 abA	5,02	1	113,42 ± 3,31 aA	6,10	1
Bioensaio II										
Testemunha	-	117,93 ± 2,94 aA	-	-	128,19 ± 4,58 aA	-	-	128,88 ± 3,15 aA	-	-
Agrisato 480 SL	6,00	103,38 ± 0,96 aA	12,34	1	109,04 ± 3,18 abA	14,94	1	118,53 ± 8,81 aA	8,03	1
Glifos	2,00	107,71 ± 2,96 aB	8,67	1	119,04 ± 5,69 abAB	7,14	1	129,77 ± 4,46 aA	0,00	1
Gliz 480 SL	6,00	104,34 ± 0,91 aA	11,52	1	106,35 ± 5,79 bA	17,04	1	106,84 ± 9,60 aA	17,10	1
Glifosato Nortox	6,00	96,53 ± 2,67 aB	18,15	1	122,93 ± 3,73 abA	4,10	1	129,84 ± 2,05 aA	0,00	1
Bioensaio III										
Testemunha	-	115,82 aA	-	-	119,83 aA	-	-	120,31 abA	-	-
Finale	1,50	107,35 aB	7,32	1	117,01 aA	2,35	1	142,95 aA	0,00	1
Gramoxone 200	3,00	114,80 aA	0,89	1	117,41 aA	2,01	1	54,77 dA	54,47	2
Roundup WG	3,50	114,47 aA	3,76	1	117,25 aA	2,15	1	119,39 abcA	0,77	1
Zapp Qi	4,20	111,32 aA	3,88	1	104,46 aAB	18,82	1	119,41 abcA	0,74	1

^{1/} Dosagem de campo (L ha⁻¹ do produto comercial); ^{2/} Médias acompanhadas por letras idênticas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente (p>0,05) pelo teste de Tukey-Kramer (Bioensaio I: tratamentos F= 5,69; gl=4; p=0,0004; estágio F=6,47; gl=2; p=0,0022; tratamento*estádio F=3,74; gl=8; p=0,0007; Bioensaio II: tratamentos F=8,41; gl=4; p=<,0001; estágio F=19,06; gl=2; p=<,0001; tratamento*estádio F=2,02; gl=8; p=0,0512) ou pelo teste (Kruskal-Wallis) Bonferroni-Dunn *t* (Bioensaio III: k=7,7989; p=0,0992; tratamentos F=2,72; gl=4; p=0,0333; estágio F=5,38; gl=2; p=0,0060; tratamento*estádio F=4,95; gl=8; p=<,0001); ^{3/} Redução da emergência de adultos, comparado com o tratamento testemunha de cada bioensaio; ^{4/} Classes da IOBC/WPRS: 1, inócuo (<30% de redução na emergência); 2, levemente nocivo (30-79%); 3, moderadamente nocivo (80-99%); e 4, nocivo (>99%).

foi verificada para a fase adulta, tendo apresentado classificação entre levemente nocivo e nocivo. Em relação aos sais presentes na formulação de herbicidas à base de glifosato, este não causou toxicidade diferenciada para as diferentes fases imaturas de desenvolvimento de *T. pretiosum*, de maneira distinta do observado para adultos (Stefanello Júnior, 2007, 2008). Embora os herbicidas citados tenham utilização principal como dessecantes na pré-semeadura, já existem liberações comerciais de variedades de milho tolerantes ao ingrediente ativo glufosinato de amônio, e outros aguardam liberação da CTNBio, como

os eventos tolerantes ao glifosato. Ademais, cultivares tolerantes ao herbicida glufosinato de amônio já são plantados em outros países (Argentina, Austrália, Canadá, Japão e Estados Unidos), bem como para os tolerantes ao glifosato (Argentina, Canadá, Japão, África do Sul e EUA) (Villari et al., 2008).

Quanto à toxicidade dos herbicidas às fases imaturas de *T. pretiosum*, a fase de pré-pupa do parasitoide apresentou tendência de ser mais afetada pelos herbicidas avaliados, seguida pelas fases de pupa e ovo-larva, apesar de ser considerada a fase mais resistente

à ação dos agrotóxicos (Hassan et al., 2000; Hassan & Abdelgader, 2001).

Trabalhos sobre seletividade de herbicidas às fases imaturas também foram encontrados na literatura, embora tenham sido realizados com ênfase em culturas frutíferas, principalmente quanto à dosagem empregada. Nesse sentido, resultados similares também foram obtidos por Manzoni et al. (2007), ao avaliarem herbicidas com dosagens registradas para a cultura da macieira, situação em que classificaram Glifosato Nortox (1,08% i.a.), Gliz 480 CS (1,08), Roundup Original (2,16), Roundup WG (1,26) e Finale (0,2) como inócuos para as fases imaturas de *T. pretiosum*. As classificações sobre a inocuidade dos herbicidas também foram obtidas nas pesquisas de Nörnberg (2008), com ênfase na cultura da macieira, que classificaram Finale (0,2% i.a.), Glifosato Nortox (1,08), Gliz 480 CS (1,08), Roundup Original (2,16) e Roundup WG (1,26) como inócuos (classe 1) para todas as fases imaturas de *T. pretiosum*. Os autores verificaram que Roundup Original foi inócuo mesmo em dosagem duas vezes superior à utilizada no presente trabalho (1,08% glifosato), assim também para Finale, que foi testado em dosagem 25% superior e também foi inócuo às fases imaturas do parasitoide. Finale (0,2) e Glifosato Nortox (1,08) também foram classificados como inócuos (classe 1) para as fases imaturas de *T. pretiosum* por Giolo et al. (2006), porém com dosagens registradas para a cultura do pessegueiro. Da mesma forma, Roundup Transorb (1,44%) também foi classificado como inócuo a imaturos de *T. pretiosum* por Giolo (2007) mesmo em concentração superior à do presente trabalho (1,08). O herbicida Basta (0,1% glufosinato de amônio), entretanto, foi classificado como levemente nocivo (classe 2) para a fase de pupa de *Trichogramma cacoeciae* por Hassan et al. (1991). Entre as formulações à base de glifosato, não se verificaram toxicidades diferenciadas consistentes para os sais de isopropilamina, amônio ou potássio, quando testados para as fases imaturas de *T. pretiosum*.

Essas informações corroboram a inocuidade desses produtos comerciais para as dosagens e o inimigo natural testados e permitem maior segurança quanto ao seu uso no sistema de produção de milho. Nesse sentido,

pode-se considerar que os produtos comerciais avaliados à base de glifosato e glufosinato de amônio, nas respectivas dosagens, não prejudicam a emergência de *T. pretiosum* quando aplicados nos estádios de ovo-larva, pré-pupa e pupa dentro do hospedeiro alternativo, podendo ser compatibilizados com o controle biológico.

Os ingredientes ativos paraquate, chlormequat, difenzoquate e mepiquate pertencem à mesma classe, os biperidilos. Hassan et al. (2000) explicam que a seletividade deve ser atribuída a cada produto comercial, e não apenas ao ingrediente ativo presente na formulação ou grupo químico. Embora não tenham sido encontrados resultados para Gramoxone 200 (dicloreto de paraquate), Hassan et al. (1987) verificaram que Cycocel Extra (0,7% chlormequat) foi seletivo à fase de pupa de *T. cacoeciae*, pois tinha sido classificado como inócuo (classe 1). Da mesma forma, Hassan et al. (1994) classificaram Avenge (1% do produto comercial na calda) como inócuo à fase de pupa de *T. cacoeciae*. Embora Gramoxone 200 tenha sido testado a 1,5% do produto comercial para *T. pretiosum*, não é possível afirmar até o momento que a seletividade para a fase de pupa foi decorrente da maior toxicidade do ingrediente ativo ou da maior concentração utilizada. Para isso, seria necessária a comprovação da hipótese por meio de estudos complementares com diferentes dosagens de paraquate.

De acordo com as normas da IOBC, os resultados obtidos nos testes de seletividade, bem como a combinação de resultados de diferentes testes, definem se os agrotóxicos seguem ou não na sequência programada. Dessa maneira, a inocuidade na fase adulta determina que o agrotóxico é seletivo ao parasitoide, porém aqueles classificados como nocivos (classes 2, 3 ou 4) devem ser testados na fase imatura, como foi demonstrado no presente trabalho. Dessa forma, a combinação de agrotóxicos nocivos para a fase adulta e nocivos para a fase imatura informa que eles necessitam ser avaliados em testes de persistência, onde são pulverizados sobre folhas de videira e a toxicidade é avaliada ao longo de cinco semanas. Embora isso não seja possível com plantas de videira, pois morreriam dessecadas pela ação do herbicida, os cultivares de milho



tolerantes a glufosinato de amônio já aprovados para comercialização e os futuros eventos transgênicos tolerantes ao glifosato poderão ser utilizados, a fim de complementar informações sobre a persistência dos herbicidas ao parasitoide *T. pretiosum*.

Com base nesses resultados, estratégias de liberações inundativas de *T. pretiosum* poderiam ser planejadas para o controle de lepidópteros-praga na cultura do milho, pois pulverizações posteriores à liberação não causariam efeitos tóxicos significativos na emergência do inimigo natural. Nesse sentido, um efeito secundário poderia ser observado em decorrência da primeira, o que poderia eliminar ou minimizar a quantidade de parasitoides em liberações posteriores. Para isso, no entanto, alguns fatores técnicos necessitam ser observados, como a temperatura diária para prever a emergência do parasitoide, baseado em sua biologia (Maceda et al., 2003), e as demais pulverizações a serem realizadas.

AGRADECIMENTOS

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. Ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor e pelo financiamento da pesquisa.

LITERATURA CITADA

- BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. Biologia e parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **R. Bras. Entomol.**, v. 48, n. 1, p. 119-126, 2004.
- BESERRA, E. B. et al. Distribution and natural parasitismo of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn. **Fla. Entomol.**, v. 85, n. 4, p. 588-593, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2008/09 a 2018/19**. Brasília: 2009. 64 p.
- CÔNSOLI, F. L. et al. Developmental time and characteristics of the immature stages of *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **R. Bras. Entomol.**, v. 43, n. 3/4, p. 271-275, 1999.
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1995. 45 p. (Circular Técnica, 21)
- FIGUEIREDO, M. L. C. **Interação de inseticidas e controle biológico natural na redução dos danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho (*Zea mays*)**. 2004. 205 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- GIOLO, F. P. **Seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura do pessegueiro a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae)**. 2007. 222 f. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.
- GIOLO, F. P. et al. Toxicidade de pesticidas utilizados na cultura do pessegueiro para estádios imaturos de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **BioAssay**, v. 1, n. 4, p. 1-7, 2006.
- HASSAN, S. A. Comparison of three different laboratory and one semi-field test methods to assess the side effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae*. **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 17, n. 10, p. 133-141, 1994.
- HASSAN, S. A. The suitability of *Trichogramma cacoeciae* as an indicator species for testing the side effect of pesticides on beneficial arthropods, compared to other parasitoids. **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 21, n. 6, p. 89-92, 1998.
- 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.
- HASSAN, S. A. et al. Results of third joint pesticide testing programme by the IOBC-WPRS-Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. **J. Appl. Entomol.**, v. 103, n. 1, p. 92-107, 1987.
- HASSAN, S. A. et al. Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. **Entomophaga**, v. 36, n. 1, p. 55-67, 1991.
- HASSAN, S. A. et al. Results of the sixth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS - Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. **Entomophaga**, v. 39, n. 1, p. 107-119, 1994.
- 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.



- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Confronto das safras de 2009 e das estimativas para 2010 – Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em: 19 jul. 2010.
- KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L. Plantas daninhas. In: CRUZ, J. C. **Sistemas de produção: cultivo do milho**. 5.ed. 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_5ed/plantasdanhinhas.htm>. Acesso em: 24 jul. 2010.
- MACEDA, A. et al. Temperature effects on *Trichogramma pretiosum* Riley and *Trichogrammatoidea annulata* De Santis. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. 46, n. 1, p. 27-32, 2003.
- MAIA, J. B. **Seletividade de inseticidas, utilizados na cultura do milho (*Zea mays* L.), para *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2009. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia) – Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- 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.
- MARTINAZZO, T. et al. Liberação de *Trichogramma pretiosum* para controle biológico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **R. Bras. Agroecol.**, v. 2, n. 2, p. 1657-1660, 2007.
- MOLINA-OCHOA, J. et al. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean basin: an inventory. **Fla. Entomol.**, v. 86, n. 3, p. 254-289, 2003.
- NAVA, D. E.; NACHTIGAL, G. F. **Controle biológico no Sul do Brasil**. Piracicaba: Facile, 2010. p. 15-18.
- NÖRNBERG, S. **Efeito de agrotóxicos utilizados na produção integrada de maçã sobre *Trichogramma pretiosum* Riley 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.
- PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 121-150.
- PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of user after twenty years of research. **Neotrop. Entomol.**, v. 33, n. 3, p. 271-281, 2004.
- SÁ, L. A. N.; PARRA, J. R. P. Efeito do número e intervalo entre liberações de *Trichogramma pretiosum* Riley no parasitismo e controle de *Helicoverpa zea* (Boddie), em milho. **Sci. Agric.**, v. 50, n. 3, p. 355-359, 1993.
- SÁ, L. A. N.; PARRA, J. R. P. Natural parasitismo of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in corn by *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Brazil. **Fla. Entomol.**, n. 77, v. 1, p. 185-188, 1994.
- SAS Institute. Statistical Analysis System. Sas Learning Edition. **Getting Started with the SAS Learning Edition**. Cary: 2002. CD ROM.
- STEFANELLO JÚNIOR, G. J. **Seletividade de agrotóxicos registrados para a cultura do milho a adultos de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em laboratório**. 2007. 75 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.
- 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.
- USDA. **2008 Agricultural Statistics Annual - Grain and feed**. Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2008/Chap01.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2010.
- VILLARI, A. C. et al. Conselho de Informações sobre biotecnologia: a aplicação da biotecnologia na cultura. **Boletim Informativo**. 2008. 4 p. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/folder_milho_jan08.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2010.

