

187

Circular
TécnicaPelotas, RS
Dezembro, 2017

Autores

José Francisco da Silva Martins, engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Maria Laura Turino Mattos, engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Fernando Felisberto da Silva, engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, professor da Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS.

Germano Tessmer Büttow, engenheiro-agrônomo, mestre em Fitossanidade, assistente técnico da Emater, Porto Mauá, RS.

Isabel Helena Vernetti Azambuja, engenheiro-agrônomo, bacharel em Socioeconomia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Juliano de Bastos Pazini, engenheiro-agrônomo, doutorando em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, RS.



Viabilidade Agronômica, Ambiental e Econômica do Aproveitamento de Resíduos de Fipronil em Solos Orizícolas para Controle da Bicheira-da-raiz

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) tem relevante importância socioeconômica para o Brasil por ser um alimento básico da população. A orizicultura irrigada por inundação concentrada na região Sul, em cerca de 1,2 milhões de hectares de ecossistemas de terras baixas, ambientalmente frágeis devido à ampla biodiversidade e proximidade com corpos hídricos, fornece aproximadamente 87% do arroz produzido no País (CONAB, 2017).

Oryzophagus oryzae (Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) é um inseto muito prejudicial à orizicultura no Sul do Brasil. Migra aos arrozais na fase adulta (gorgulho-aquático), no início da inundação, se alimentando de folhas, raramente causando danos econômicos. É mais agressivo na fase larval, conhecido como bicheira-da-raiz, podendo destruir totalmente as raízes (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2015) e reduzir em cerca de 20% a produção de arroz (MARTINS; CUNHA, 2015).

No estado do Rio Grande do Sul, onde se concentra a orizicultura irrigada por inundação no Brasil, várias práticas culturais utilizadas nos arrozais restringirem a população larval de *O. oryzae* (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2004). Porém, a medida de controle predominante é o tratamento de sementes (MARTINS; CUNHA, 2015). É estimado que a cada safra de arroz no Estado a área cultivada com semente tratada com inseticidas, basicamente fipronil, visando ao controle do inseto, supere 700 mil hectares (OLIVEIRA; FIUZA, 2013).

Há potencial, porém, para reduzir a quantidade de fipronil usada no controle de *O. oryzae*. Apesar do registro para esse fim ser de 25 e 37,5 g/100 kg de semente (AGROFIT, 2017), há indicativos de que apenas 10 g/100 kg de semente é suficiente para um controle eficaz, podendo oportunizar a redução de custos de produção (AZAMBUJA et al., 2016) e riscos de contaminação ambiental (MARTINS et al., 2010). Ademais, muitos produtores afirmam controlar eficazmente o inseto aplicando cerca de 50% da dose mínima registrada de fipronil ou quando utilizam semente não tratada em áreas antes cultivadas com semente tratada pelo inseticida sob a convicção de que seus resíduos no solo são nocivos ao inseto.

Em solos de arroz irrigado por inundação a degradação de fipronil pode produzir três metabólitos (resíduos) principais. A fotodegradação gera o dissulfonil-fipronil (NGIM; CROSBY, 2001). Em condições aeróbias (por oxidação) e anaeróbias (por redução) podem se formar o fipronil-sulfona e fipronil-sulfeto, respectivamente (DORAN et al., 2009). Esses metabólitos têm baixa mobilidade no solo, podendo

persistir até 15 cm de profundidade (TINGLE et al., 2000), por longos períodos (BONMATIN et al., 2015), sendo em algumas situações muito mais tóxicos do que o fipronil original (COX, 2005).

Fipronil e seus metabólitos podem se acumular no solo de arrozais (BEDIENT et al., 2005; MATTOS et al., 2008) como em rios adjacentes (DEMCHECK; SKROBIALOWSKI, 2003; MARCHESAN et al., 2010), podendo afetar seres aquáticos não-visados (COX, 2005; JINGUJI et al., 2013; MANRIQUE et al., 2013). Dentro dos arrozais, resíduos de fipronil aplicado às sementes de arroz para o controle do gorgulho-aquático *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, 1952 (Coleoptera: Curculionidae), tornaram-se prejudiciais ao crustáceo (“camarão”) *Procambarus clarkii* Girard, em sistemas de rizocarcinicultura, em Louisiana, Estados Unidos da América (SCHLENK et al., 2001). Fora dos arrozais há risco do fipronil e metabólitos intoxicarem organismos aquáticos como crustáceos que se alimentam de sedimentos do leito de rios onde resíduos carreados pela água que escorre das lavouras podem persistir (CARY et al., 2004).

Com base no conhecimento da dinâmica de fipronil e de seus metabólitos em áreas orizícolas irrigadas por inundação, e da nocividade a organismos que habitam tal agroecossistema, este trabalho objetivou avaliar a viabilidade agronômica, ambiental e econômica do aproveitamento do residual do inseticida que persiste no solo, após um cultivo com sementes tratadas, para o controle de *O. oryzae* em cultivos subsequentes, sem utilização do controle químico.

A avaliação foi embasada num experimento realizado em quatro safras de arroz (2010/11 a 2013/14), numa área de Planossolo Háplico, latitude 31° 48' 45" S e longitude 52° 27' 59" W, na Embrapa Clima Temperado (Capão do Leão, RS), nunca cultivada com sementes tratadas por fipronil e com histórico de ocorrência da bicheira-da-raiz. Em 21/10/10 (safra 2010/11) foram instalados três talhões uniformes (25 m x 55 m) adjacentes de a cultivar BRS Querência, num solo uniforme (plano), correspondendo aos seguintes tratamentos: 1) semente não tratada com fipronil (testemunha= fipronil 00); 2) semente tratada com 1/3 da dose mínima de fipronil registrada para controle de *O. oryzae* (30 g/100 kg) misturada a 2/3 de semente

não tratada, equivalendo a 10 g/100 kg (fipronil 10), conforme Martins et al. (2010); 3) semente tratada com 30 g de fipronil/100 kg (fipronil 30). A semente foi tratada à véspera da semeadura mecanizada (densidade: 90 kg/ha), em linhas espaçadas 17,5 cm, em solo lavrado (cultivo convencional), sendo as demais práticas culturais baseadas em recomendações técnicas para a cultura do arroz (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2004), porém, excluindo o uso de inseticidas.

Os talhões, isolados por taipas, foram inundados aos 23 dias após a emergência das plântulas de arroz, com uma lâmina d'água de 15cm. O índice de infestação larval de *O. oryzae* foi avaliado 30 e 48 dias após a inundação, em amostras padrão (cilíndricas) de solo e raízes, coletadas e desintegradas (sacudidas em água), segundo Neves et al. (2011). Em ambas as avaliações, duas amostras foram coletadas em 15 pontos equidistantes da linha diagonal de cada talhão (sendo cada ponto uma repetição). Aos 48 dias pós-inundação mais duas amostras foram retiradas por ponto de coleta para a contagem de adultos (gorgulhos) que se desenvolveram e emergiam das raízes, conforme metodologia de Martins et al. (2001). Essas amostras, mantidas intactas, com segmentos de colmos (20 cm) no topo, foram submersas 10 cm em água dentro de baldes plásticos encobertos por um tecido telado. A contagem de adultos iniciou 10 dias após a submersão das amostras e continuou em intervalos de 2 a 3 dias, durante 35 dias, em horários de temperatura elevada, quando os adultos emergentes se moviam à parte superior dos baldes.

Nas safras de 2011/12, 2012/13 e 2013/14, as práticas culturais do arroz e a metodologia para contagem de larvas e adultos de *O. oryzae* foram iguais às adotados em 2010/11. No entanto, a semente utilizada e as plantas, nos três talhões, não foram tratadas com inseticidas. Apenas houve alterações nas datas de semeadura (09/11/11; 26/11/12; 30/11/13) e respectivas datas de inundação (21, 18 e 19 dias pós-emergência das plântulas), contagem de larvas (27 e 49; 52 e 87; e 50 e 85 dias pós-inundação) e adultos (59, 62 e 50 dias pós-inundação). A produção de arroz nas quatro safras foi obtida pela colheita em nove locais equidistantes (2 m x 4 m) dos talhões, sendo cada local uma repetição.

Em 2011/12 e 2012/13, para análise de fipronil, fipronil-sulfeto e fipronil-sulfona, entre as fileiras de arroz, foram coletadas amostras de solo (incluindo sedimentos) à profundidade de 5 cm, por meio de uma secção de cano de PVC (5 cm de diâmetro), em cinco pontos equidistantes de cada talhão, retirando em cada ponto três sub-amostras, para formar uma amostra composta. Em 2011/12 a coleta foi realizada 25 dias após a contagem inicial de larvas de *O. oryzae* de modo a averiguar possíveis efeitos de resíduos de fipronil, advindos de 2010/11, sobre o inseto, que justificassem as análises químicas. Em 2012/13, o sedimento foi coletado 10 dias antes da primeira contagem larval. De imediato às coletas, as amostras foram congeladas até a análise cromatográfica de resíduos por cromatografia líquida e espectrometria de massa (LC-MS/MS), em laboratório (BIOENSAIOS, 2016) com acreditação oficial. A data da coleta de sedimento na segunda e terceira safra (04/02/12 e 10/01/13) correspondeu, respectivamente, a 470 e 810 dias pós-semeadura em 2010/11 das sementes tratadas com fipronil.

Para a análise estatística foi utilizado o programa ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2002). O número de larvas (duas avaliações/safra) e adultos de *O. oryzae* (uma avaliação/safra), e a produção (peso) de arroz, foram submetidos a dois tipos de análise de variância (ANOVA), conforme o delineamento de tratamentos inteiramente ao acaso: 1) análise conjunta das quatro safras, comparando o efeito do tratamento de semente com fipronil (2010/11) ao detectado nas três safras sem uso de inseticidas (2011/12 a 2013/14); 2) análise conjunta das três safras sem uso de inseticidas. Frente à significância do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). Como base nas médias do número de larvas e adultos foi determinada a eficiência de controle dos tratamentos segundo

Abbott (1925). Ainda foi analisada a relação entre os níveis de infestação larval e de adultos, e o índice de infestação larval e a produção de arroz, correlacionando as médias dos tratamentos em todas as safras [$N= 12$; teste t ($P \leq 0,01$)].

Viabilidade agronômica

A avaliação da viabilidade agronômica do aproveitamento do residual de fipronil para o controle de *O. oryzae*, baseada em variáveis biológicas do inseto (número de larvas e adultos/ amostras de solo e raízes) e da planta de arroz (produção de grãos), foi positiva. Isso decorre dos níveis de infestação larval (bicheira-da-raiz) significativamente inferiores nos talhões com sementes tratadas na safra de 2010/11 [10 g (mistura) e 30 g/100 kg de semente], os quais se mantiveram baixos nos cultivos subsequentes (2011/12 a 2013/14), quando as sementes e plantas de arroz não foram tratadas com inseticidas. O fato de em 2010/11 as duas doses de fipronil atingirem elevada eficiência de controle (Tabela 1) confirma resultados anteriores (MARTINS et al., 2010) de que mesmo a dose de 10 g (mistura), equivalendo a 40% da dose mínima registrada (AGROFIT, 2017), controla eficazmente o inseto.

Em 2011/12, 2012/13 e 2013/14, na ausência de controle químico de *O. oryzae*, os níveis de infestação larval no talhão inerente à dose de 30 g de fipronil não diferiram significativamente do nível detectado na primeira safra (2010/11), sendo mantida, portanto, elevada eficiência de controle. Porém, no talhão com 10 g (mistura) de fipronil, a partir de 2011/12, a infestação larval foi significativamente maior, evidenciando uma perda de eficiência desse tratamento.

Tabela 1. Número de larvas (NL) de *Oryzophagus oryzae* por amostra de solo e raízes em talhões de arroz irrigado por inundações cultivados uma safra com semente tratada com fipronil e três safras subsequentes sem aplicação de inseticidas⁽¹⁾.

Doses ⁽²⁾	Sementes tratadas				Sementes e plantas não tratadas					
	2010/11		2011/12		2012/13		2013/14		Média ⁽³⁾	
	NL	EC ⁽⁴⁾	NL	EC	NL	EC	NL	EC	NL	EC
Fipronil 00	14,3 aB	-	15,9 aB	-	23,3 aA	-	15,0 aB	-	18,1 a	-
Fipronil 10	1,7 bB	88,1	5,4 bA	60,3	7,1 bA	69,5	6,4 bA	57,3	6,3 b	65,2
Fipronil 30	0,4 bA	97,2	0,7 cA	91,2	0,1 cA	99,6	1,2 cA	92,0	0,7 c	96,1

⁽¹⁾ Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). ⁽²⁾ Tratamentos: semente não tratada com fipronil em 2010/11 (testemunha= fipronil 00), equivalente a 10 g (fipronil 10) e igual 30 g (fipronil 30)/100 kg de semente; ⁽³⁾ Média das safras sem aplicação de inseticidas; ⁽⁴⁾ Eficiência de controle (%) segundo Abbott (1925).

A manutenção em 2011/12 a 2013/14 de uma infestação larval de *O. oryzae* significativamente menor nos talhões pré-cultivados com sementes tratadas por fipronil decorreu, possivelmente, do efeito de resíduos do inseticida no solo sobre o inseto (Tabela 1). Tal inferência se baseia na detecção, até 470 dias (em 2011/12) e 810 dias (em 2012/13), pós-uso de sementes tratadas em 2010/11, de traços de fipronil-sulfeto e concentrações acima do limite de quantificação (0,5 µg/kg) no solo dos talhões inerentes às 10 g (mistura) e 30 g de fipronil, respectivamente (Tabela 2). Nesse caso, o efeito do metabólito em *O. oryzae* seria similar ao constatado em Louisiana, EUA, sobre *P. clarkii*. Naquele Estado, fipronil-sulfeto e outros metabólitos oriundos da degradação de fipronil aplicado em sementes para o controle de *L. oryzophilus* persistiram no solo, no mínimo, quatro anos pós-cultivo de sementes

tratadas, a partir de uma concentração média de 1 µg/kg, e exerceram efeitos deletérios no crustáceo em situações de uso posterior das áreas para a sua criação (BEDIENT et al., 2005).

Ressalta-se que a detecção apenas de fipronil-sulfeto (Tabela 2) se justifica pelo fato de originar da degradação reductiva de fipronil e forte sorção ao solo, em condições anaeróbias (DORAN et al., 2009), típicas em áreas irrigadas por inundação. Como esse metabólito é mais frequente nessas áreas, sendo cerca de duas vezes mais tóxico a seres aquáticos do que o fipronil original (ESTADOS UNIDOS, 1996), se evidencia seu potencial para o controle de *O. oryzae*, em safras futuras, tornando desnecessário aplicar inseticidas às sementes e plantas de arroz.

Tabela 2. Concentração de resíduos de fipronil (µg/kg) no solo de talhões de arroz irrigado por inundação, cultivados em 2010/11 com semente tratada com fipronil para o controle de *Oryzophagus oryzae* e três safras subsequentes sem aplicação de inseticidas.

Doses ⁽¹⁾	2011/12 ⁽²⁾		2012/13 ⁽²⁾			
	Fipronil original ⁽³⁾	Fipronil-sulfeto ⁽³⁾	Fipronil-sulfona ⁽³⁾	Fipronil Original	Fipronil-sulfeto	Fipronil-sulfona
Fipronil 00	ND ⁽⁴⁾	ND	ND	ND	ND	ND
Fipronil 10	ND	0,3	ND	ND	0,4	ND
Fipronil 30	ND	1,0	ND	ND	1,1	ND

⁽¹⁾ Tratamentos: semente não tratada com fipronil em 2010/11 (testemunha= fipronil 00), equivalente a 10 g (fipronil 10) e igual 30 g (fipronil 30)/100 kg de semente; ⁽²⁾ Safras sem aplicação de inseticidas às sementes e análise de resíduos em amostras de solo, respectivamente, aos 470 e 810 dias após a semeadura em 2010/11 com sementes tratadas; ⁽³⁾ Limites de quantificação (LOQ): fipronil original= 0,2 µg/kg; fipronil-sulfona= 0,4 µg/kg; fipronil-sulfeto= 0,5 µg/kg; ⁽⁴⁾ Não detectado.

O desenvolvimento de adultos de *O. oryzae* (gorgulho-aquático) nas raízes de arroz, nas quatro safras, foi proporcional à infestação larval (Figura 1). Apesar de ao final das três safras sem uso de inseticidas haver emergido maior número de gorgulhos (menor eficiência de controle) no talhão inerente a 10 g (mistura) de fipronil do que no talhão que recebeu semente tratada com 30 g (Tabela 3), há possibilidade de que, independente, da dose aplicada às sementes, ocorram efeitos nocivos adicionais de resíduos à biologia dos insetos que emergem. Entende-se que parte da população larval numa safra vigente, mesmo exposta ao fipronil ou algum de seus metabólitos, sobrevive a efeitos químicos de difícil detecção nesta fase do ciclo biológico do inseto, porém, que são incorporados por adultos que emergem. Assim sendo, novos adultos, que formam populações autóctones e pós-hibernação invadem os arrozais

da safra seguinte (MARTINS et al., 2017), teriam uma baixa capacidade reprodutiva, prospectando reduzido nível de infestação larval e, portanto, pouco dano às raízes de arroz.

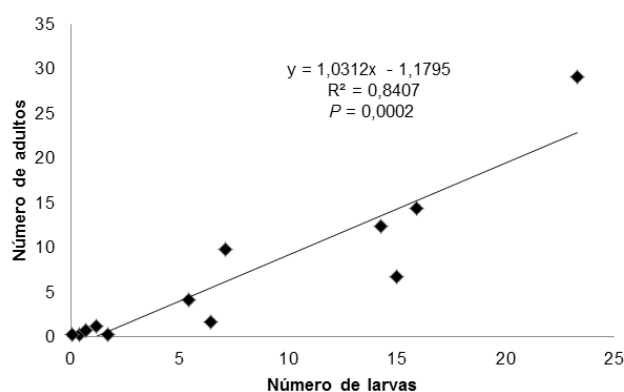


Figura 1. Relação entre número de larvas e adultos de *Oryzophagus oryzae* por amostra de solo e raízes em talhões de arroz irrigado por inundação cultivados uma safra com semente tratada com fipronil e três safras subsequentes sem aplicação de inseticidas.

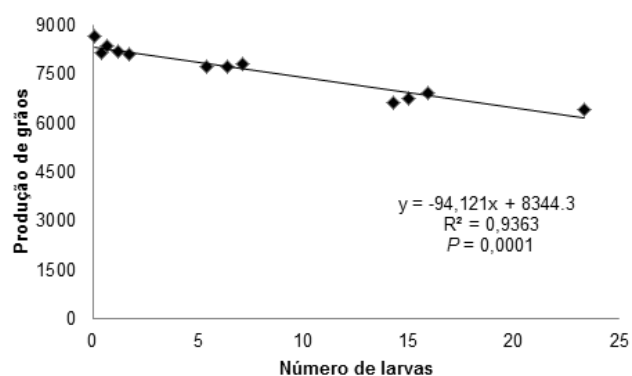
Tabela 3. Número de adultos (NA) de *Oryzophagus oryzae* emergidos de amostras de solo e raízes em talhões de arroz irrigado por inundação cultivados uma safra com semente tratada com fipronil e três safras subsequentes sem aplicação de inseticidas⁽¹⁾

Doses ⁽²⁾	Sementes tratadas		Sementes e plantas não tratadas							
	2010/11		2011/12		2012/13		2013/14		Média ⁽³⁾	
	NA	EC ⁽⁴⁾	NA	EC	NA	EC	NA	EC	NL	EC
Fipronil 00	12,0 aB	-	14,3 aB	-	29,1 aA	-	6,7 aC	-	16,7 a	-
Fipronil 10	0,3 bB	97,6	4,0 bB	72,2	9,7 bA	66,7	1,6 aB	76,2	5,1 b	69,5
Fipronil 30	0,2 bA	98,4	0,7 bA	95,1	0,2 cA	99,3	1,1 aA	83,6	0,7 c	95,8

⁽¹⁾ Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$); ⁽²⁾ Tratamentos: semente não tratada com fipronil em 2010/11 (testemunha= fipronil 00), equivalente a 10 g (fipronil 10) e igual 30 g (fipronil 30)/100 kg de semente; ⁽³⁾ Média das safras sem uso de inseticidas; ⁽⁴⁾ Eficiência de controle (%) segundo Abbott (1925).

Ainda quanto à viabilidade agronômica, se destaca que a produção de grãos nas quatro safras foi negativamente correlacionada ao nível de infestação larval de *O. oryzae* (Figura 2). Isso decorre da produção e o número de larvas/amostra terem sido sempre significativamente maior e menor, respectivamente, nos talhões cultivados em 2010/11 com semente tratada com 10 g (mistura) e 30 g de fipronil e nas três safras seguintes sem uso de inseticidas (Tabelas 1 e 4). Isso evidencia que, nesse triênio, o residual de ambas as doses foi suficiente para um controle eficaz do inseto, ao ponto de evitar perdas significativas de produção. É importante ressaltar, porém, que apesar de em 2010/11 não ter ocorrido diferença significativa entre a produção obtida nos talhões com 10 g (mistura) e 30 g de fipronil, em 2011/12 e 2012/13, sem aplicação de inseticidas, a produção inerente à dose de 30 g foi significativamente maior (Tabela 4). Ademais, ainda que na última safra (2013/14) não tenha ocorrido diferença significativa quanto à produção

nos talhões com 10 g (mistura) e 30 g de fipronil, a média de produção inerente à dose de 30 g nas três safras sem uso de inseticidas foi significativamente maior.

**Figura 2.** Relação entre número de larvas *Oryzophagus oryzae* por amostra de solo e raízes e produção de grãos (kg/ha) em talhões de arroz irrigado por inundação cultivados uma safra com semente tratada com fipronil e três safras subsequentes sem aplicação de inseticidas.**Tabela 4.** Produção de grãos (kg/ha) em talhões de arroz irrigado por inundação cultivados uma safra (2010/11) com semente tratada (trat.) com fipronil para o controle de *Oryzophagus oryzae* e três safras subsequentes sem aplicação de inseticidas⁽¹⁾.

Doses ⁽²⁾	Semente tratada	Semente e plantas não tratadas				Média ⁽³⁾	Variação ⁽⁴⁾
	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14			
Fipronil 00	6649 aA	6923 aA	6413 aA	6758 aA	6698 a	-	
Fipronil 10	8108 bA	7736 bA	7817 bA	7740 bA	7765 b	16,9	
Fipronil 30	8158 bA	8353 cA	8656 cA	8208 bA	8406 c	25,5	

⁽¹⁾ Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$); ⁽²⁾ Tratamentos: semente não tratada com fipronil em 2010/11 (testemunha= fipronil 00), equivalente a 10 g (fipronil 10) e igual 30 g (fipronil 30)/100 kg de semente; ⁽³⁾ Média das safras sem uso de inseticidas; ⁽⁴⁾ Variação positiva (%) da média em relação à testemunha.

Viabilidade ambiental

Na avaliação da viabilidade ambiental do aproveitamento de resíduos de fipronil que persistem em solos orizícolas para controle de *O. oryzae*, é importante considerar que, metabólitos desse inseticida, como o fipronil-sulfeto (DORAN et al., 2009; MARTINS et al., 2017), não exercem apenas efeitos nocivos ao inseto. Os metabólitos podem ainda atingir rios adjacentes (MARCHESAN et al., 2010), via a água de irrigação que vaza de arrozais (BEDIENT et al., 2005), e se acumular em sedimentos do leito desses rios (DEMCKE; SKROBIALOWSKI, 2003), gerando risco de contaminação de seres aquáticos não-visados (JINGUJI et al., 2013; MANRIQUE et al., 2013), destacadamente crustáceos (CARY et al., 2004). Nesse contexto, resíduos de fipronil [inseticida com o uso cancelado há mais de 10 anos na cultura do arroz irrigado por inundação nos Estados Unidos da América (BENNETT, 2004), em decorrência de toxicidade a camarões (SCHLENK et al., 2001; BEDIENT et al., 2005)] já foram detectados no rio São Gonçalo, no Rio Grande do Sul (GRÜTZMACHER et al., 2008). Salienta-se que esse rio atravessa extensa área orizícola, fornecendo e recebendo elevados volumes de água de irrigação e drenagem, respectivamente, e que seu estuário se constitui em importante criatório natural de camarões.

Portanto, o aproveitamento do residual de fipronil que permanece em solos orizícolas ao longo das safras (Tabela 2) para o controle da bicheira-da-raiz se caracteriza como ambientalmente viável. Ao reduzir drasticamente ou eliminar a necessidade de tratar as sementes, evita que maior quantidade do inseticida e metabólitos atinja áreas externas aos arrozais, principalmente corpos d'água (açudes, canais, lagoas e rios, dentre outros), minimizando possíveis riscos de contaminação ambiental (JINGUJI et al., 2013; BONMATIN et al., 2015).

Viabilidade econômica

A avaliação do impacto econômico de um possível desuso do tratamento de sementes de arroz com fipronil para o controle de *O. oryzae*, contando com a ação nociva de residual do inseticida acumulado no solo, sobre o inseto (Tabela 5), foi baseada nas seguintes variáveis: 1) período (número de safras) que efeitos típicos do residual sobre o inseto foram detectados pós-cultivo de sementes

tratadas, no caso, até três anos (MARTINS et al., 2017); 2) diferencial do preço médio de mercado entre um saco de semente (40 kg) submetida ao tratamento industrial com fipronil na dose de 25 a 30 g/100 kg (R\$ 107,20) e um saco de semente não tratada (R\$ 81,60); 3) densidade de semeadura, de 80 a 120 kg/ha de semente, de acordo com as recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil (REUNIÃO, 2016); 4) dose de fipronil aplicada às sementes na safra inicial; 5) valor financeiro da produção de arroz obtida a cada safra, conforme o custo do tratamento das sementes com a maior e menor dose de fipronil e preço unitário de mercado da saca de 50 kg arroz (R\$ 39,70: IRGA, 2017); 6) estimativa da área orizícola atual no Rio Grande do Sul, usando semente tratada com fipronil.

Com base no valor (R\$) da produção de grãos obtida no talhão testemunha (fipronil 00), onde não foi utilizada semente tratada com fipronil, nem adotado outro método de controle químico de *O. oryzae*, constatou-se que ambas as doses do inseticida (fipronil 10 e fipronil 30), na safra inicial (semente tratada) e nas três safras subsequentes (semente não tratada e avaliação do efeito residual no inseto), resultaram em benefício financeiro significativo (Tabela 5). O efeito residual da maior dose (fipronil 30), nos três cultivos com semente não tratada, resultou num percentual médio de benefício similar ao obtido na safra inicial com sementes tratadas ($\pm 20\%$). A menor dose (fipronil 10), porém, já a partir da safra 2011/12 (primeira sem uso de semente tratada), condicionou um efeito residual inferior ao inseto. Isso, ao refletir em menor eficiência de controle de larvas (Tabela 1) e, por conseguinte, em menor produção de arroz (Figura 2), resultou num percentual de benefício ($\pm 15\%$) inferior ao atingido pela maior dose (fipronil 30).

Em suma, a atribuição do valor de R\$ 39,70 a cada saca de 50 kg de arroz produzida a mais nos talhões inerentes às duas doses de fipronil (Tabela 5), indica os seguintes benefícios financeiros: fipronil 10 [R\$ 1159,24 (semente tratada/safra 2010/11); R\$ 845,61 (efeito residual/safras 2011/12 a 2013/14)]; fipronil 30 [R\$ 1198,94 (semente tratada/safra 2010/11); R\$ 1353,77 (efeito residual/safras 2011/12 a 2013/14)]. Constata-se, portanto, que no caso da dose maior (fipronil 30) a ação do residual do inseticida no solo resultou num benefício similar à ação direta via tratamento de semente na safra inicial.

Tabela 5. Resultado econômico do desuso do tratamento de semente de arroz com fipronil para o controle de larvas de *Oryzophagus oryzae* (bicheira-da-raiz) em talhões irrigados por inundação, cultivados na safra 2010/11 com semente tratada e três safras subsequentes (2011/12 a 2013/14), sem aplicação de inseticidas.

Doses ⁽¹⁾	Semente tratada				Semente e plantas não tratadas		
	Custo R\$ ⁽²⁾	Produção de grão			Produção de grão		
		Sacas ⁽³⁾	R\$ ⁽³⁾	Benefício ⁽⁴⁾	Sacas ⁽³⁾	R\$ ⁽³⁾	Benefício ⁽⁴⁾
Fipronil 00	183,6	133,0	5280,1	-	134,0	5319,8	-
Fipronil 10	202,8	162,2	6439,3	18,0	155,3	6165,4	13,7
Fipronil 30	241,2	163,2	6479,0	18,5	168,1	6674,7	20,3

⁽¹⁾ Semente não tratada com fipronil em 2010/11 (testemunha= fipronil 00), equivalente a 10 g (fipronil 10) e igual a 30 g (fipronil 30)/100 kg de semente; ⁽²⁾ Baseado na densidade de semeadura de 90 kg/ha e preço médio de mercado da saca (40 kg) de semente de arroz não tratada (R\$ 81,60) e tratada com 1,2 mL de fipronil/kg (R\$107,20); ⁽³⁾ Número de sacas de 50 kg obtidas pelo uso de semente tratada (safra inicial) e não tratada (média de três safras) e valor financeiro das sacas ao preço unitário de R\$ 39,71; ⁽⁴⁾ Benefício do tratamento de semente com fipronil (safra inicial) e do aproveitamento do residual no solo nas safras subsequentes, correspondendo à diferença financeira positiva (%) do tratamento testemunha.

Ademais, como o residual de fipronil acumulado em solos de arroz irrigado por inundação reduz drasticamente o dano causado pela bicheira-da-raiz, torna-se possível prospectar o valor a ser economizado em caso de aproveitamento do referido residual para o controle do inseto, evitando maiores gastos com a compra de semente tratada. Para uma densidade de 90 kg de semente/ha, conforme usada neste estudo (Tabela 5), prospecta-se uma economia de R\$ 19,20 e R\$ 57,60 a cada hectare/safra, caso ocorra o desuso de sementes tratadas com 10 g e 30 g de fipronil/100 kg. Esses valores, sendo lançados no âmbito de uma maior área de arroz, como a cultivada a cada ano no Rio Grande do Sul, assumem um relevante significado econômico. Segundo estimativa, anualmente no Estado, em cerca de 700 mil hectares de arrozais é usada semente tratada com inseticidas (OLIVEIRA; FIUZA, 2013), basicamente com fipronil. Assim, com base na densidade de 90 kg de semente/ha, nesta área, haveria potencial para economizar a cada ano 13,4 a 40,3 milhões de reais, caso ocorresse o desuso de sementes tratadas com a menor (fipronil 10) e maior dose do inseticida (fipronil 30), respectivamente. Porém, como o setor comercial de agrotóxicos tem intensificado esforços para ampliar área ocupada por sementes tratadas

industrialmente (SEMENTES LANNES, 2017), incluindo arroz/inseticidas, a economia tenderia a ser ainda maior.

Considerando que o residual de fipronil acumulado no solo evita danos da bicheira-da-raiz às plantas de arroz, em até três safras consecutivas, sendo o inseticida geralmente aplicado às sementes nas doses de 25 g e 30 g/100 kg (saco de 40 kg= R\$ 107,20), torna-se possível ainda estimar o potencial de economia a cada triênio. Num hectare e no âmbito dos 700 mil hectares, predominantemente cultivados a cada safra no Rio Grande do Sul, a economia/triênio seria de R\$ 172,80 e R\$ 120,9 milhões, respectivamente.

O diferencial de custo entre semente de arroz tratada com as duas doses de fipronil (10 g e 30 g/100 kg) e semente não tratada (testemunha), conforme densidades de semeadura (80 a 120 kg/ha) indicadas por instituições de pesquisa (REUNIÃO, 2016), consta na Tabela 6. Observa-se que quanto menor for a densidade de semeadura menor será a diferença de custo entre semente não tratada e semente tratada com 10 g e 30 g de fipronil/100 kg, o que induz à intensificação do uso de semente de qualidade superior.

Tabela 6. Custo da semente de arroz (R\$) conforme a densidade de semeadura e a dose de fipronil aplicada para o controle de larvas de *Oryzophagus oryzae* (bicheira-da-raiz).

Doses ⁽¹⁾	Densidade de semeadura (kg/ha)									
	80		90		100		110		120	
	R\$ ⁽²⁾	R\$ ⁽³⁾	R\$ ⁽²⁾	R\$ ⁽³⁾	R\$ ⁽²⁾	R\$ ⁽³⁾	R\$ ⁽²⁾	R\$ ⁽³⁾	R\$ ⁽²⁾	R\$ ⁽³⁾
Fipronil 00	163,2	-	183,6	-	204,0	-	224,3	-	244,8	-
Fipronil 10	180,2	17,0	202,8	19,2	225,0	21,0	247,5	23,2	270,0	25,2
Fipronil 30	214,4	51,2	241,2	57,6	268,0	64,0	294,8	70,5	321,6	76,8

⁽¹⁾ Tratamentos: semente não tratada com fipronil em 2010/11 (testemunha= fipronil 00), equivalente a 10 g (fipronil 10) e igual a 30 g (fipronil 30)/100 kg de semente; ⁽²⁾ Baseado em preço médio de mercado da saca (40 kg) de semente de arroz não tratada (R\$ 81,60) e tratada com 1,2 mL de fipronil/kg (R\$107,20); ⁽³⁾ Diferença de custo entre semente tratada com as doses de fipronil e semente não tratada (testemunha).

Ao final, recomenda-se que, num primeiro cultivo de arroz numa determinada área, utilizando semente tratada com fipronil, devido à necessidade de controlar larvas de *O. oryzae* (bicheira-da-raiz), a opção pela dose de 10 g ou 30g/100 kg de semente tem que ser baseada num menor e maior histórico de ocorrência do inseto na referida área, respectivamente. A partir do segundo cultivo na mesma área, há a opção pelo uso de semente não tratada com fipronil, contando-se com o efeito deletério do residual acumulado no solo sobre o inseto.

Agradecimentos

Aos funcionários da Embrapa Clima Temperado Claudinei Bonenann Rosso e Elton Rogério Nolasco Fonseca, cujos esforços para a condução do experimento no campo foram essenciais à realização deste trabalho.

Referências

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-267, 1925.

AGROFIT: **sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

AZAMBUJA, I. H. V.; MARTINS, J. F. S.; MATTOS, M. L. T.; THEISEN, G.; PETRINI, J. A. **Resultado econômico da redução da dose do inseticida fipronil aplicado em sementes de arroz para o controle da bicheira-da-raiz**. Pelotas: Embrapa Clima

Temperado, 2016. 5 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 330).

BEDIENT, P. B.; HORSACK, R. D.; SCHLENK, D.; RIK, M. H.; PIERSON, J. D. Environmental impact of fipronil to the Louisiana crawfish industry. **Environmental Forensics**, v. 6, p. 289-299, 2005.

BENNETT, D. **Icon rice seed treatment to be pulled from market**. [Delta FarmPress, 2004]. Disponível em: <<http://deltafarmpress.com/icon-rice-seed-treatment-be-pulled-market>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

BIOENSAIOS. Disponível em: <nsf-bioensaios.com.br>. Acesso em: 08 ago. 2016.

BONMATIN, J. M.; GIORIO, C.; GIROLAMI, V.; GOULSON, D.; KREUTZWEISER, D. P.; KRUPKE, C.; LIESS, M.; LONG, E.; MARZARO, M.; MITCHELL, A. D.; NOOME, D. A.; SIMON-DELISO, N.; TAPPARO, A. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 35-67, 2015.

CARY, T. L.; CHANDLER, G. T.; VOLZ, D. C.; FERRY, J. L. Phenylpyrazole insecticide fipronil induces male infertility in the estuarine meio benthic crustacean *Amphiascus tenuiremis*. **Environmental Science & Technology**, v. 38, p. 522-528, 2004.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, v. 4 - Safra 2016/17, n. 10 - Décimo levantamento, Brasília, julho/2017. 171 p. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 31 jul. 2017.

COX, C. Fipronil. **Journal of Pesticide Reform**, v. 25; p. 10-15, 2005.

- DEMCHECK, D. K.; SKROBIALOWSKI, S. C. **Fipronil and degradation products in the rice-producing areas of the Mermentau river basin, Louisiana, Febr. - Sept. 2000**. Baton Rouge: U. S. Geological Survey, National Water-Quality Assessment Program, 2003. 6 p. USGS Fact Sheet FS-010-03. Disponível em: <<http://la.water.usgs.gov/publications/pdfs/FS-010-03.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2015.
- DORAN, G.; EBERBACH, P.; HELLIWELL, S. Sorp and degradation of fipronil in flooded anaerobic rice soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 57, p. 10296-10301, 2009.
- EBERHARDT, D. S.; SCHIOCCHET, M. A. (Org.). **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema pré-germinado)**. Florianópolis: Epagri, 2015. 92 p.
- ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Pesticide Programs. **Fipronil: new pesticide fact sheet**. Washington, 1996. 6 p. EPA 737-F-96-005. Disponível em: <<https://www.fluoridealert.org/wp-content/pesticides/fipronil.epa.facts.may.1996.htm>>. Acesso em: 24 set. 2015.
- GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899 p.
- GRÜTZMACHER, D. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; AGOSTINETO, D.; LOECK, A. E.; ROMAN, R.; PEIXOTO, S. C.; ZANELLA, R. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 632-637, 2008.
- IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz). **Série histórica preços arroz casca T1 - 58%, inteiros**. Disponível em: <www.irga.rs.gov.br/mercado>. Acesso em: 29 set. 2017.
- JINGUJI, H.; THUYET, D. Q.; UEDA, T.; WATANABE, H. Effect of imidacloprido and fipronil pesticide application on *Sympetrum infuscatum* (Libellulidae: Odonata) larvae and adults. **Paddy Water Environmental**, v. 11, p. 277-284, 2013.
- MANRIQUE, W. G.; FIGUEIREDO, M. A. P.; MACHADO-NETO. Dissipação e risco ambiental do fipronil no meio aquático. **The Biologist (Lima)**, v. 11, p. 107-117, 2013.
- MARCHESAN, E.; SARTORI, G. M. S.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O. M.; ZANELLA, R.; PRIMEL, E. G.; MACEDO, V. R. M.; MARCHEZAN, M. G. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da depressão central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1053-1059, 2010.
- MARTINS, J. F. S.; CUNHA, U. S. Gorgulho-aquático-do-arroz, *Oryzophagus oryzae* (Lima). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 908 p.
- MARTINS, J. F. S.; MATTOS, M. L. T.; SILVA, F. F.; BÜTTOW, G. T. Fipronil residual content in the soil for the control of *Oryzophagus oryzae* in subsequent flooded rice crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 4, p. 228-235, 2017.
- MARTINS, J. F. S.; MELO, M.; SILVA, F. F.; GRÜTZMACHER, A. D.; CUNHA, U. S. Novo método para aferição da densidade populacional do gorgulho-aquático em plantas de arroz irrigado. **Agropecuária Clima Temperado**, v. 4, p. 363-370, 2001.
- MARTINS, J. F. S.; ROSA, A. P. S. da; MATTOS, M. L. T.; THEISEN, G. **Redução da dose do inseticida fipronil aplicada em sementes de arroz para o controle da bicheira-da-raiz**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 10 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 309).
- MATTOS, M. L. T.; MARTINS, J. F. S.; NUNES, C. D. M.; MOURA NETO, F. P.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M.; PETRINI, J. A.; SANTOS, I. B. dos. **Monitoramento de agrotóxicos em áreas piloto da produção integrada de arroz irrigado na planície costeira externa e fronteira oeste do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 197).
- NEVES, M. B.; MARTINS, J. F. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; LIMA, C. A. B.; BÜTTOW, G. T. Profundidade da amostragem de solo e de raízes e índice de infestação de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz. **Ciência Rural**, v. 41, p. 2039-2044, 2011.

NGIM, K. K.; CROSBY, D. G. Abiotic processes influencing fipronil and desethiofipronil dissipation in California, USA, rice fields. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, p. 972-977, 2001.

OLIVEIRA, J. V.; FIUZA, L. M. Aumento preocupante. **Cultivar/Grandes Culturas**, v. 15, p. 12-14, 2013.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2016. 197 p.

SCHLENK, D.; HUGGETT, D. B.; ALLGOOD, J.; BENNETT, E.; RIMOLDI, J.; BEELER, A. B.; BLOCK, D.; HOLDER, A. W.; HOVINGA, R.; BEDIENT, P. Toxicity of fipronil and its degradation products to

Procambarus sp.: field and laboratories studies. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 41, p. 325-332, 2001.

SEMENTES LANNES. **Tratamento industrial de sementes**. Disponível em: <www.sementeslannes.com.br/tratamento-de-sementes/>. Acesso em: 04 dez. 2017.

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, p. 71-78, 2002.

TINGLE, C. C. D.; ROTHER, J. A.; DEWHURST, C. F.; LAUER, S.; KING, W. J. **Health and environmental effects of fipronil**. London: Pesticide Action Network UK, 2000. 30 p. (Briefing Paper).

Circular Técnica, 187

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78, Caixa Postal 403
Pelotas, RS - CEP 96010-971

Fone: (53)3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



1ª edição

Obra digitalizada (2017)

Comitê de Publicações

Presidente: Ana Cristina Richter Krolow

Vice-Presidente: Enio Egon Sosinski Júnior

Secretária: Bárbara Chevallier Cosenza

Membros: Ana Luíza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sônia Desimon.

Expediente

Revisão do texto: Bárbara Cosenza

Normalização bibliográfica: Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica: Nathália Coelho (estagiária)