

Toxicidade comparada de formulações comerciais à base de limonoides e de diamida antranílica sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

Dylan Thomas Telles Amandio^{1*}, Leandro do Prado Ribeiro², Alex Sandro Poltronieri¹

RESUMO

O emprego de inseticidas botânicos constitui uma alternativa importante para programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) em agroecossistemas de base ecológica. Entre os inseticidas botânicos comerciais, derivados de nim (*Azadirachta indica*) se destacam por sua eficácia e espectro de bioatividades. No entanto, os resultados de campo têm sido inconsistentes em virtude de variações nas formulações disponíveis e nos teores dos ingredientes ativos. Assim, objetivou-se avaliar a toxicidade letal e inibição do desenvolvimento de quatro formulações comerciais à base de limonoides (Agroneem[®], Fitoneem[®], Azamax[®] e Azact[®]) sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), em comparação a uma formulação à base de diamidas antranílicas (clorantraniliprole 200 g/L, Premio[®]) utilizado como controle positivo, em bioensaio de ingestão (dieta artificial) em condições laboratoriais controladas. Na concentração discriminatória de 5000 mg/kg, todas as formulações testadas ocasionaram significativa toxicidade letal, com destaque para os produtos Azamax[®] (75,3%) e Agroneem[®] (70,8%), que ocasionaram os níveis mais elevados de mortalidade larval após 168 horas de exposição; porém, tais níveis de mortalidade foram inferiores ao observado (98,9%) no controle positivo. Além da toxicidade letal, pronunciada inibição do desenvolvimento foi observada para todas as formulações à base de limonoides testadas, sem haver diferença significativa entre elas.

Palavras-chave: Inseticidas botânicos; lagarta-do-cartucho; *Azadirachta indica*.

INTRODUÇÃO

O elevado número de populações de artrópodes-praga resistentes aos inseticidas sintéticos de diferentes grupos químicos, aliado a crescente conscientização dos consumidores sobre os impactos gerados pelo uso de xenobióticos na agricultura, tem estimulado a busca por estratégias alternativas mais sustentáveis para incorporação em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Entre as opções disponíveis, a utilização de inseticidas botânicos constitui uma alternativa promissora, sendo que derivados de nim (*Azadirachta indica* A. Juss, Meliaceae) são os mais difundidos e conhecidos. O principal ingrediente ativo presente em seus derivados é a azadiractina, que consiste em um complexo limonoide tetranortriterpenoide com conhecidas propriedades fagodeterrentes e inseticidas (Chaudhary et al., 2017).

De maneira geral, os produtos formulados à base de nim possuem elevada eficácia contra uma grande diversidade de insetos de importância agrícola, médica e veterinária, além de apresentar baixa toxicidade para insetos benéficos, como as abelhas. Os efeitos sobre insetos-alvo são diversos, variando de acordo com a espécie e estágio de desenvolvimento dos indivíduos, sendo os principais: toxicidade letal sobre diferentes fases do desenvolvimento, inibição do crescimento, supressão da fecundidade e efeito fagodeterrente contra um grande número de espécies, mesmo em baixas dosagens (Kamaraj et al., 2018).

¹ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC;

² Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/ Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar. (EPAGRI/ CEPAF), Chapecó, SC.

*Autor para correspondência: dylan.tta@gmail.com.

Entre os artrópodes-praga que ocasionam os maiores prejuízos em cultivos agrícolas está a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), que possui 353 espécies de plantas hospedeiras pertencentes a 76 famílias botânicas distintas (Montezano et al., 2018), incluindo importantes espécies cultivadas como o milho, soja, arroz e gramíneas forrageiras. Assim, objetivou-se avaliar a toxicidade letal e inibição do desenvolvimento de quatro formulações comerciais à base de limonoides (Agroneem[®], Fitoneem[®], Azamax[®] e Azact[®]) sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), em comparação a uma formulação à base de diamidas antranílicas (clorantraniliprole 200 g/L, Premio[®]) utilizado como controle positivo, em bioensaio de ingestão (dieta artificial) em condições laboratoriais controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os exemplares de *S. frugiperda* utilizados nos bioensaios foram obtidos de uma população laboratorial estabelecida a partir de espécimes coletados em cultivos de milho na região de Chapecó, SC, Brasil. Antes de sua utilização nos bioensaios, a população foi multiplicada em laboratório por pelo menos cinco gerações. Para manutenção da população sob condições controladas (25°C, U.R.: 60±10% e fotofase: 12h), as lagartas foram alimentadas com dieta artificial e os adultos alimentados com solução de água + mel a 10% (p/p). Os tratamentos avaliados foram quatro formulações comerciais à base de limonoides disponíveis no mercado brasileiro (Tabela 1), na concentração diagnóstica de 5000 mg/kg por meio da incorporação em dieta artificial. Como controle negativo, utilizou-se a mesma proporção de água destilada utilizada na solubilização dos tratamentos, enquanto que o controle positivo foi constituído pelo inseticida Premio[®] (diamidas antranílicas; clorantraniliprole 200 g/L) na dose recomenda para o manejo de *S. frugiperda* no Brasil.

Após a incorporação dos tratamentos na dieta (temperatura ~ 50 °C), esta foi vertida em placas de ensaio e mantidas por 12 horas em câmara de fluxo laminar, protegidas da luz, para evaporação do excesso de umidade. Decorrido esse período, cada célula foi infestada com uma lagarta de primeiro instar, e as placas mantidas em câmara climática (25°C, U.R.: 60±10% e fotofase: 12h). Para cada tratamento, utilizou-se seis repetições e, em cada repetição, foram expostas 16 lagartas ($n = 96$). As avaliações foram feitas diariamente até o sétimo dia, e após esse período, as lagartas foram pesadas em balança analítica.

Os dados de proporção de mortalidade foram analisados por meio de um modelo linear generalizado (GLM) com distribuição do tipo quase-binomial. Já para análise dos dados referentes ao peso larval, utilizou-se GLM com distribuição do tipo Gaussiana. A verificação da qualidade do ajuste dos dados aos modelos foi feita por meio do uso do gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação. Havendo diferença significativa entre os tratamentos, foram realizadas comparações múltiplas (teste *pos hoc* de Tukey, $p < 0,05$) por meio da função *glht* do pacote multcomp com ajuste dos valores de p . Todas essas análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico “R”, versão 2.15.1 (R Development Core Team, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicaram um efeito deletério dos produtos à base de limonoides sobre *S. frugiperda*, causando significativa mortalidade larval e redução do desenvolvimento da fase pós-embrionária (Tabela 1). O inseticida botânico que proporcionou as maiores taxas de mortalidade foi o Azamax[®] (Tabela 1), único que possui limonoides purificados de sementes de nim em sua composição. O peso aos sete dias dos indivíduos sobreviventes alimentados em dieta contendo os derivados de nim (5000 mg/kg) foi, em média, 30 vezes menor do que as lagartas alimentadas em dieta do controle negativo. No entanto, nenhum dos produtos foi equitóxico ao controle positivo (Premio[®]).

Tabela 1. Médias (\pm erro padrão) da mortalidade (%) e peso larval (mg) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* expostas a diferentes bioinseticidas comerciais à base de derivados de limonoides (nim) e uma formulação à base de diamidas antranílicas (clorantranilprole 200 g/L, Premio[®]) utilizado como controle positivo, em condições de laboratório.

Tratamentos	Tempo de exposição (h) ¹							Peso larval (mg) ²
	24	48	72	96	120	144	168	
Controle (água)	1,04 \pm 1,04 b	1,04 \pm 1,04 c	1,04 \pm 1,04 d	2,08 \pm 1,32 d	3,12 \pm 2,13 d	4,17 \pm 2,63 d	7,29 \pm 1,92 c	39,38 \pm 4,20 a
Premio [®]	35,42 \pm 8,64 a	56,25 \pm 10,21 a	65,62 \pm 9,78 a	77,08 \pm 5,27 a	91,67 \pm 3,09 a	95,83 \pm 2,63 a	98,96 \pm 1,04 a	0,6 (1)*
Agroneem [®]	7,51 \pm 4,94 ab	17,81 \pm 5,60 bc	29,99 \pm 5,83 bc	45,77 \pm 6,27 bc	52,65 \pm 5,82 bc	58,13 \pm 7,41 bc	70,80 \pm 6,23 b	0,94 \pm 0,06 b
Fitoneem [®]	7,80 \pm 3,13 ab	18,28 \pm 5,75 bc	24,68 \pm 6,03 cd	31,15 \pm 4,43 c	35,73 \pm 6,14 c	41,34 \pm 6,11 c	47,81 \pm 5,48 c	0,68 \pm 0,07 b
Azamax [®]	6,78 \pm 2,75 b	30,05 \pm 5,87 ab	53,04 \pm 6,27 ab	63,63 \pm 7,32 ab	73,22 \pm 6,73 ab	73,22 \pm 6,73 b	75,30 \pm 5,74 b	1,15 \pm 0,18 b
Azact [®]	5,28 \pm 4,09 b	25,56 \pm 3,49 abc	33,68 \pm 3,54 bc	37,92 \pm 4,04 bc	45,00 \pm 5,07 c	51,04 \pm 7,07 bc	58,19 \pm 6,26 bc	1,06 \pm 0,09 b
F	5,5242	9,2482	13,948	25,922	31,478	26,233	37,56	83,397
gl	5, 30	5, 30	5, 30	5, 30	5, 30	5, 30	5, 30	4, 25
Valor de p	0,0010	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

¹ Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$);

* Dado não analisado devido a pequena unidade amostral. O valor entre parêntesis indica o número de lagartas sobreviventes.

O efeito de derivados de nim sobre o desenvolvimento das lagartas está relacionado com o modo de ação da azadiractina, que age nos quimiorreceptores e bloqueia impulsos fagoestimulantes, ocasionando uma diminuição no ganho de biomassa devido a uma redução na quantidade de alimento consumido e na eficiência da digestão (Duarte et al., 2019). Além disso, esse composto promove a ativação de um sistema de degradação dos metabólitos tóxicos, consumindo energia que seria destinada ao crescimento corporal (Kamaraj et al., 2018). Tais resultados depreciativos na fisiologia do desenvolvimento das lagartas podem provocar um atraso em seu crescimento e anomalias em sua metamorfose, sendo comum observar indivíduos que não conseguiram trocar de instar, morrendo durante o processo de ecdise sem eliminar completamente a exúvia ou a cápsula cefálica, o qual é decorrente da diminuição na síntese e liberação de ecdisteroides na hemolinfa (Duarte et al., 2019). Os efeitos tóxicos em *S. frugiperda* provenientes da alimentação com extratos de nim foram reportados por diversos autores (Benelli et al., 2017), que garantem um bom controle desta praga em diversas concentrações, desde que seja por via oral, já que aplicações tópicas não apresentam efeitos pronunciados.

CONCLUSÃO

Os inseticidas botânicos comerciais que ocasionaram os maiores níveis de mortalidade larval de *S. frugiperda* foram Azamax[®] (75,3%) e Agroneem[®] (70,8%), porém todos os produtos à base de limonoides provocaram significativa toxicidade letal após 168h de exposição. Nenhum dos inseticidas à base de limonóides superou o controle positivo (diamida antranílica, Premio[®]), que ocasionou os maiores níveis de mortalidade (98,9%). Além da toxicidade letal, pronunciada inibição do desenvolvimento foi observada para todas as formulações do inseticida botânico, sem haver diferença significativa entre elas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENELLI, G.; CANALE, A.; TONIOLO, C.; HIGUCHI, A.; MURUGAN, K.; PAVELA, R.; NICOLETTI, M. Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide?. Natural Product Research, Roma, v.31, n.4, p.369-386, 2017.
- CHAUDHARY, S.; KANWAR, R. K.; SEHGAL, A.; CAHILL, D.M.; BARROW, C.J.; SEHGAL, R.; KANWAR, J.R. Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. Frontiers in Plant Science, Geelong, v.8, n.8, p.327-345, 2017.
- DUARTE, J.P.; REDAELLI, L.R.; JAHNKE, S.M.; TRAPP, S. Effect of *Azadirachta indica* (Sapindales: Meliaceae) oil on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and adults. Florida Entomologist, Florida, v.102, n.2, p.408-412, 2019.
- KAMARAJ, C.; GANDHI, P. R.; ELANGO, G.; KARTHI, S.; CHUNG, I. M.; RAJAKUMAR, G.. Novel and environmental friendly approach; Impact of Neem (*Azadirachta indica*) gum nano formulation (NGNF) on *Helicoverpa armigera* (Hub.) and *Spodoptera litura* (Fab.). International Journal of Biological Macromolecules, Tamil Nadu, v.107, n.8, p.59-69, 2018.
- MONTEZANO, D.G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROQUE-SPECHT, V.F.; SOUSA-SILVA, J.C.; PAULA-MORAES, S.V.D.; HUNT, T.E. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. African Entomology, Nebraska, v.26, n.2, p.286-300, 2018.