

## Efeito do Piriproxifem e Diflubenzurom na reprodução de *Nezara viridula* (L.) [Hemiptera: Pentatomidae]

Pyriproxyfen and Diflubenzuron effects on the reproduction of *Nezara viridula* (L.) [Hemiptera: Pentatomidae]

Marcos Arturo Ferreira Agüero<sup>1\*</sup>, Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves<sup>2</sup> y Paulo Sergio Gimenez Cremonez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias. Pedro Juan Caballero, Paraguay.

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Londrina (UEL) y Sociedade Entomológica do Brasil (SEB). Londrina, PR, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, PR, Brasil.

\* Autor para correspondencia (ingeniero.ferreira1@gmail.com)

Recibido: 15/11/2014; Aceptado: 18/12/2014.

### RESUMO

O percevejo *Nezara viridula* é uma praga importante em varias culturas e regiões do mundo. Neste estudo, avaliou-se o efeito do inseticida do piriproxifem sobre a fecundidade e fertilidade de *N. viridula* e o efeito do diflubenzurom na formação do aparelho reprodutor. Foram realizados dois bioensaios em laboratório. No primeiro bioensaio, experimentou-se uma baixa concentração do piriproxifem sobre casais adultos de *N. viridula*. Posterior à cópula, avaliou-se o número de ovos/fêmea (fecundidade) e o número de ninfas eclosionadas (fertilidade). No segundo bioensaio, avaliou-se o efeito do diflubenzurom na morfologia do aparelho reprodutor feminino e masculino de *N. viridula*. Os resultados indicam uma redução de 23,61% no número de ovos por fêmea provocada pelo piriproxifem, na concentração testada, que não foi significativa em relação à testemunha. Entretanto, 52,39% da fertilidade de ovos diminuiu, impedindo a eclosão de ninfas, provavelmente por afetar a formação do embrião. Entretanto, o diflubenzuron afetou o desenvolvimento dos órgãos femininos e masculinos. Tanto o piriproxifem e o diflubenzurom tem potencial de diminuir a progênie de *N. viridula*, e podem ser incluídos em programas de manejo integrado pragas, uma vez que sejam realizados estudos de eficácia dos produtos a campo.

**Palavras-clave:** Hemíptera, desregulação endócrina, fecundidade, fertilidade, aparelho reprodutor.

### ABSTRACT

The green stink bug *Nezara viridula* is an important pest in many crops and regions of the world. In this study the effect of pyriproxyfen on fecundity and fertility of *N. viridula* and the effect of diflubenzuron in the reproductive system was evaluated. Two bioassays were conducted in laboratory. In the first, low concentration of pyriproxyfen was tested on adult pairs of *N. viridula*. After copulation, we assessed the number of eggs/female (fecundity) and the number of hatched nymphs (fertility). In the second bioassay, we evaluated the effect of diflubenzuron in the morphology of female and male reproductive system of *N. viridula*. The results show that pyriproxyfen, at the tested concentration did not reduce significantly the number of eggs/female (23.61%). A decrease of 52.39% in eggs fertility, was observed preventing nymphs hatching probably due to embryo malformation. Diflubenzuron affected female and male development and reproductive organs. Thus, both pyriproxyfen and diflubenzuron have potential to decrease *N. viridula* progeny and can be included in integrated pest management. However, field studies are needed.

**Key words:** Hemiptera, endocrine disruptor, fecundity, fertility, reproductive organs.

## INTRODUÇÃO

O percevejo-verde *Nezara viridula* (L., 1758) (Hemiptera: Pentatomidae) é uma praga cosmopolita, polífaga que ocasiona danos a várias espécies de plantas cultivadas (Knight y Gurr 2007). No Brasil, é a espécie mais comum na região Sul (Sosa-Gómez et al. 2010). Junto com o percevejo-marrom-neotropical *Euschistus heros* (F., 1791) (Hemiptera: Pentatomidae) são as principais pragas sugadoras da soja, sendo esta última, a espécie mais difícil de controlar devido à alta pressão de seleção exercida sobre suas populações pelo uso indiscriminado, repetitivo de inseticidas sintéticos do mesmo grupo químico e falhas na aplicação (Silva et al. 2006, Sosa-Gómez y Silva 2010).

Na cultura da soja, o principal problema é o prejuízo ocasionado pelos percevejos praga; para isso, há a necessidade de desenvolver estratégias eficientes para reduzir sua população. A introdução de cultivares que expressam toxinas Cry (soja *Bt*) resistentes a alguns lepidópteros pode contribuir para o manejo dessas pragas (Panizzi 2013). Contudo o complexo de percevejos ainda é o principal alvo de controle e uma das estratégias pode ser afetando sua reprodução.

Os estudos da formação e desenvolvimento do aparelho reprodutor de *N. viridula* são fundamentais para o conhecimento do seu estado reprodutivo e a estimativa da densidade populacional futura (Esquivel 2011). Assim, a diminuição da sua capacidade reprodutiva deve ser explorada como alternativa de manejo de sua população visando a redução dos danos ocasionados a soja.

*N. viridula* é um inseto sinovigênico, as fêmeas adultas dependem da nutrição para a produção de ovos. Seu ovário e do tipo meroístico telotrófico, contendo 7 ovariolos por ovário. A vitelogênese e o desenvolvimento dos oócitos são independentes de estímulos da cópula, no entanto a ausência de cópula leva a reabsorção dos oócitos (Fortes et al. 2011). O sistema masculino maduro é formado por um par de testículos e vasos deferentes alaranjados, vesícula seminal e glândulas acessórias mesodérmicas e ectodérmicas (Pendergrast 1956, Esquivel 2011).

Em Hemiptera-Heteroptera, a vitelogênese é regulada pelo hormônio juvenil (HJ) com discreta ação do ecdisteróides (Dittmann y Biczkowki 1995, Davey 1997). O HJ regula a síntese de vitelogenina pelo tecido adiposo, assim como a absorção das vitelogeninas disponíveis na

hemolinfa pelo oócito em desenvolvimento (Martinez y Garcera 1987)

Os inseticidas desreguladores de crescimento (IDCs) controlam os insetos na fase jovem e podem afetar diretamente a sobrevivência, longevidade e atividade alimentar, e indiretamente, a fecundidade e fertilidade das diferentes espécies de percevejos que ocorrem na cultura (Roggia et al. 2011).

Os IDCs possuem mecanismos de ação específicos agindo no sistema hormonal do inseto (Dhadialla et al. 2005). São classificados em inibidores de biossíntese de quitina (IBQ) que agem na formação da cutícula e substâncias que interferem na atividade hormonal dos insetos: hormônios juvenis (JHs) e ecdisteróides (Tunaz y Uygun 2004). Assim o principal sítio de ação dos IDCs é o sistema endócrino, causando mudanças fisiológicas e bioquímicas nas vias metabólicas (Kim y Kim 2002, Leonardi et al. 2001).

O piriproxifem é um análogo ao HJ, atua por contato em insetos sugadores e pode ter ação translaminar principalmente sobre ovos e ninfas provocando distúrbios hormonais e a morte ou malformação de adultos. As fêmeas contaminadas sofrem redução da fecundidade e fertilidade diminuindo a postura e colocando ovos inférteis. Recomenda-se para o controle de formas jovens de mosca branca, tripses, cochonilhas e alguns lepidópteros (Sumitomo Chemical Ltda).

Os IDCs são geralmente de baixa toxicidade para mamíferos e o piriproxifem primeiramente foi utilizado para o controle de pragas urbanas (Miyamoto et al. 1993). O HJ secretado pela corpora allata é determinante na produção de ovos (Wang y Davey 1993) e o piriproxifem é um desregulador endócrino que pode competir pelo sítio de ligação dos receptores do HJ (Sullivan y Goh 2008), afetando a formação dos ovos e o desenvolvimento embrionário dos insetos.

O diflubenzurom é um IDC que interfere na formação da quitina, o principal componente da cutícula dos insetos (Castro et al. 2012). Os IBQs como diflubenzurom e lufeniurom causam deformações morfológicas, mortalidade de ninfas, redução da fecundidade e fertilidade das fêmeas (Corrêa-Ferreira et al. 2010; Roggia et al. 2011).

Este estudo propõe uma alternativa para reduzir a população de *N. viridula* afetando sua reprodução

utilizando IDCs. Assim o objetivo do trabalho foi verificar o efeito do piriproxifem na fecundidade e fertilidade de *N. viridula* e o efeito do diflubenzurom na malformação do aparelho reprodutor.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Bioensaio um. Piriproxifem na fecundidade e fertilidade de *N. viridula*

Adultos de *N. viridula* provenientes de lavoura de soja cultivada na Fazenda Escola da UEL (UEL, 23°20' de latitude Sul e 51°13' de longitude Oeste) foram criados em câmara climatizada ( $25\pm 1^\circ\text{C}$   $70\pm 5\%$  UR e 14 h de fotofase), utilizando-se a segunda geração ( $F_2$ ) para a realização do bioensaio. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (tratado e não tratado) e dez repetições.

O produto utilizado foi o piriproxifem: 4-fenoxifenyl (RS)-2-(2-pyridyloxy) propyl ether (piriproxyfen) xileno, com o nome comercial Tiger 100 CE na concentração equivalente a 200 mL do produto comercial em 100 L de água. A concentração foi escolhida com base em experimentos anteriores, determinando-se uma concentração sub-letal de forma a não ocasionar alta mortalidade das ninfas e que permita aos insetos atingir a fase adulta e assim, verificar os efeitos sobre sua progênie.

Sessenta ninfas de 4° ínstar foram selecionadas aleatoriamente da criação, trinta delas foram tratadas com 2 mL da solução contendo piriproxifem e trinta insetos receberam 2 mL de água destilada (testemunha) utilizando torre de Potter (10 lb.pol<sup>2</sup>). A aplicação foi realizada sobre seis grupos de dez ninfas em placas de Petri contendo alimento. Como alimento foram oferecidos vagens verdes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (Fabaceae), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (Fabaceae), frutos de ligustro (*Ligustrum lucidum* L.) (Oleaceae) e água através de algodão umedecido, trocando-se a cada 3 dias. Posteriormente foram acondicionados em caixas plásticas de poliestireno cristal transparente “tipo Gerbox” e mantidas em câmara climatizada ( $25\pm 1^\circ\text{C}$   $70\pm 5\%$  UR e 14 h de fotofase), até atingir a fase adulta.

Dos adultos sobreviventes, que entraram em contato com o produto na fase ninfal, foram separados vinte insetos, (dez fêmeas e dez machos), separados por sexo formando dez casais, cada casal foi individualizado em caixas “tipo Gerbox” contendo alimento e água idêntico ao

oferecido as ninfas, para permitir a cópula e a avaliação da fecundidade (ovos/fêmea) e fertilidade dos ovos (ninfas eclodidas). Também, formaram-se dez casais que receberam apenas água destilada (testemunha). Os insetos foram mantidos em câmara climatizada ( $25\pm 1^\circ\text{C}$   $65\pm 5\%$  UR e 14 h de fotofase) para permitir a oviposição.

Uma vez iniciada a primeira postura, a massa de ovos foi recolhida e colocadas em placa de Petri forrada com papel filtro umedecido e mantida em câmara climatizada, nas mesmas condições descritas anteriormente. Os dados de fecundidade e fertilidade dos ovos foram submetidos à análise de variância, transformados em raiz de  $x+1$  por falta de homocedasticidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Bioensaio dois. Diflubenzurom no aparelho reprodutor de *N. viridula*

O produto utilizado foi o diflubenzurom: (1-(4-chlorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea), (Dimilim 80WG) em solução em água de 10 mL/100L, uma concentração sub-letal, determinada em estudos preliminares, que permita a maioria dos insetos atingirem a fase adulta, e dessa forma verificar os efeitos sobre o aparelho reprodutor.

Selecionaram-se aleatoriamente sessenta ninfas de 5° ínstar da criação, das quais trinta ninfas receberam a aplicação de 2 mL da calda inseticida e as trinta ninfas receberam apenas água destilada (2 mL) correspondente a testemunha. As aplicações foram realizadas sobre grupos de dez ninfas em placa de Petri. Logo foram transferidas para caixas tipo Gerbox e mantidas em câmara climatizada ( $25\pm 1^\circ\text{C}$   $65\pm 5\%$  UR e 14 h de fotofase) até atingir a fase adulta.

Dos indivíduos tratados com diflubenzurom que sobreviveram e atingiram a fase adulta, selecionaram-se dez casais (dez fêmeas e dez machos) os quais foram individualizados em caixas tipo Gerbox contendo alimento idêntico ao descrito no bioensaio um, mantidas em câmara climatizada para permitir a cópula, caso que órgãos reprodutivos tivessem sido formados. Da mesma forma, dez casais de percevejos tratados com água destilada foram individualizados para comparação com os casais que entraram em contato com o produto.

Os casais tratados com diflubenzurom que não copulavam e posteriormente morriam foram dissecados em solução salina 5% e comparados com os insetos da testemunha da

mesma idade examinando-se a morfologia geral do aparelho reprodutor feminino e masculino sob microscópio estereoscópio, realizando fotografias com câmera SONY CYBER-SHOT 14.1 pixels.

O experimento constou de dois tratamentos, casais tratados com diflubenzurom e água destilada (testemunha), sendo que cada tratamento foi constituído de dez repetições (casais). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, os dados de formação do aparelho reprodutor feminino e masculino de *N. viridula* foram submetidos à análise de variância, transformados em raiz de  $x+1$ , pela ausência de normalidade e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Bioensaio um. Piriproxifem na fecundidade e fertilidade de ovos de *N. viridula*

A aplicação de piriproxifem na concentração testada não reduziu significativamente a fecundidade de *N. viridula*, porém houve 23,61% de diminuição no número médio de ovos/fêmea. No tratamento testemunha o número médio de ovos por fêmea foi de 48,7 e no tratamento piriproxifem foi de 37,2 ovos/fêmea. Assumindo um efeito dose-dependente, não se pode descartar a hipótese de que o aumento da concentração do inseticida diminuirá a fecundidade das fêmeas de *N. viridula*. Por exemplo, Liu et al. (2012) observaram que o piriproxifem, em altas concentrações, reduziu significativamente a oviposição da mosca do estábulo *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae).

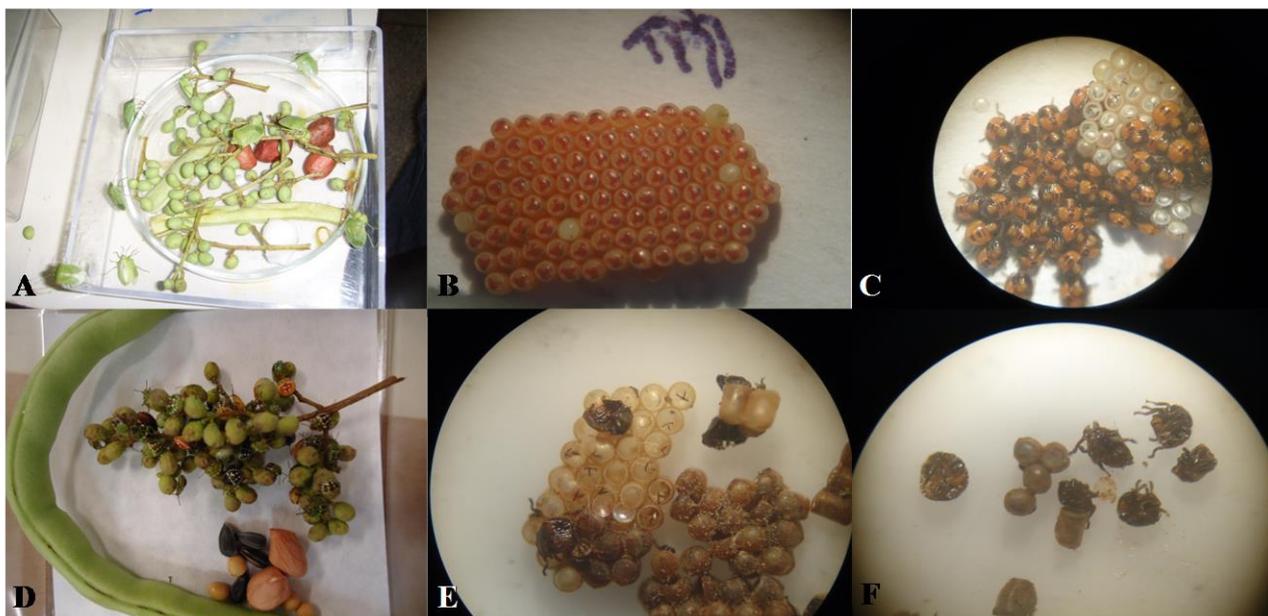
Também, observou-se que a aplicação de piriproxifem sobre ninfas e adultos da cochonilha pinta-vermelha dos citros *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) reduziu sua fecundidade com o aumento da concentração do produto e pela diminuição da sobrevivência das fêmeas ao invés da própria esterilidade ocasionada pelo piriproxifem (Rill et al. 2007). Verificou-se que 20% das fêmeas adultas que entraram em contato com piriproxifem não ovipositaram e morreram. As demais fêmeas ovipositaram em pequenas quantidades distribuídas de forma isolada. Ao comparar com a testemunha observou-se que o padrão de postura diferiu do normal que comumente ocorre em placas hexagonais (Figura 1B). Alguns ovos ficaram vazios, aparentemente sem embrião, sugerindo que o piriproxifem também possa ter inibido a sua formação.

Outros estudos também mostram que dependendo da concentração, momento de aplicação e da espécie do inseto, o piriproxifem pode ter uma ação diferenciada. Por exemplo, incrementar a biomassa e produção de casulos de *Bombyx mori* não influenciando na oviposição e viabilidade de ovos (Miranda et al. 2002). Já quando aplicado sobre a praga dos cereais *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) induziu o fim da diapausa e início da oviposição, no entanto, o número de ovos, porcentagem de eclosão e a vitelogenese foram afetados (Amiri et al. 2012).

Ao se avaliar a fertilidade das fêmeas de *N. viridula* reduziu ocorreu uma redução de 52,39% pelo piriproxifem. As fêmeas não tratadas apresentaram uma média de 46,0 ninfas eclodidas por fêmea e as tratadas 21,9 ninfas/fêmea. Esse resultado indica que o piriproxifem pode ter agido durante a vitelogenese, afetando a formação do ovo e do embrião, talvez por sua capacidade de reduzir lipídeos e proteínas dos ovários em crescimento e a oogênese como verificado por Ghasemi et al. (2010) estudando o efeito fisiológico e bioquímico do piriproxifem sobre *Plodia interpunctella* (Hubner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae).

Os resultados obtidos estão de acordo com os verificados por Liu et al. (2012), indicando que o piriproxifem pode inibir a embriogênese na fase inicial do desenvolvimento do embrião levando a uma diminuição na produção de ovos e mortalidade do embrião após a oviposição. Também, houve embriões mortos no interior dos ovos e ovos vazios, sugerindo que pode ocorrer malformação do embrião impedindo a emergência das ninfas ou ausência de embriões (Figura 1E).

Observou-se que as ninfas eclodidas dos ovos provenientes de fêmeas tratadas com o piriproxifem, não conseguiram passar para o 2º instar. Provavelmente, o produto foi transferido via ovário, das fêmeas ao embrião, afetando seu desenvolvimento no interior do ovo. Em estudo similar, fêmeas adultas de mosca branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) tratadas com piriproxifem não foram afetadas, no entanto, seus ovos foram inviáveis e a emergência das ninfas foi totalmente suprimida, indicando a transferência transovariana do produto das fêmeas ao ovo (Ishaaya y Horowitz 1995).



**Figura 1.** *Nezara viridula* (A) adultos; (B) postura normal (testemunha); (C) ninfas vivas recém eclodidas e agregadas (testemunha); (D); ninfas normais de 4º e 5º ínstar (E) posturas fora do padrão e ninfas deformadas pelo piriproxifem (F) ninfas deformadas mortas pelo piriproxifem. Microscópio estereoscópio

#### Bioensaio dois. Diflubenzurom no aparelho reprodutor de *N. viridula*

Os resultados indicam que o diflubenzurom afetou a formação, crescimento e desenvolvimento do aparelho reprodutor feminino e masculino e causou malformação de suas principais estruturas (Figura 2). Aproximadamente 50% dos órgãos reprodutivos das fêmeas tratadas com o diflubenzurom foram afetados, 30% foram anormais, com ovários, espermateca, glândulas acessórias e oviduto deformados, pouco desenvolvidos e aspecto diluído e 20% tiveram ausência de alguns componentes do aparelho reprodutor.

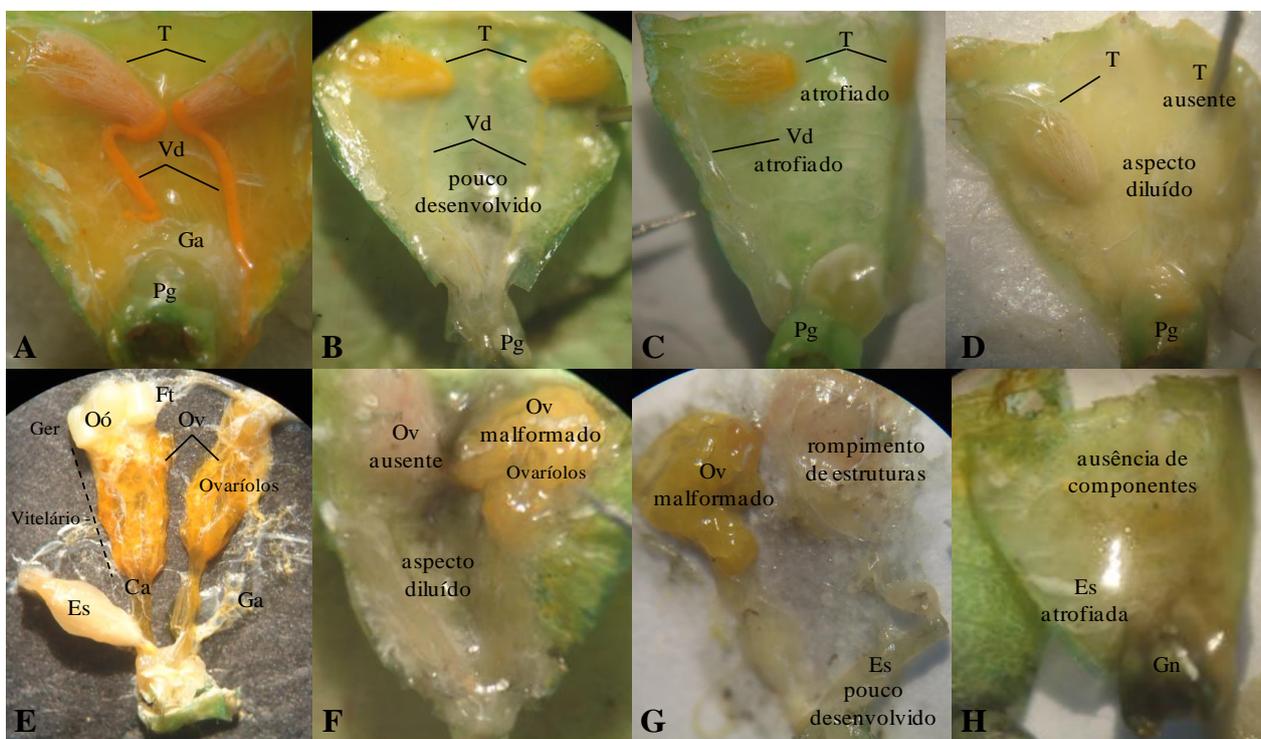
Nos órgãos reprodutivos masculinos, o diflubenzurom também provocou alterações estruturais e apenas 20% apresentaram aparelho reprodutor normal. Verificou-se que 40% dos machos que entraram em contato com o diflubenzurom tiveram testículos, vasos deferentes, vesícula seminal e ducto ejaculatório pouco desenvolvido ou atrofiado. Também houve ruptura das paredes dos testículos, vasos deferentes e glândulas acessórias e 40% tiveram ausência de alguns componentes do sistema reprodutor masculino.

Os dutos dos órgãos reprodutivos são de origem ectodérmica revestidos de cutícula, que formam a vagina na fêmea e o canal ejaculador no macho (Gallo et al. 2002). O principal componente da cutícula é a quitina, formado por polímeros de N-acetilglucosamina, que serve como polissacarídeo esquelético da cutícula (Van Leeuwen et al. 2012). Também a cutícula é essencial na oogênese, fecundidade e eclosão de ovos (Mansur et al. 2010). O diflubenzurom, por seu lado, interfere na formação da quitina na cutícula dos insetos (Castro et al. 2012). Inibe a síntese de quitina, resultando em deposição anormal da cutícula, morte e aborto. Também tem atividade ovicida reduzindo a reprodução (Mommaerts et al. 2006).

Possivelmente o diflubenzurom aplicado sobre as formas jovens de *N. viridula*, impediu o desenvolvimento normal da maioria dos órgãos reprodutivos femininos (50%) e masculinos (80%). Assim, a deposição de cutícula responsável pelo revestimento e sustentação dos dutos do sistema reprodutor durante sua formação, foi afetada pelo diflubenzurom, com degenerações morfológicas, estruturas desintegradas e ausência de alguns componentes (Figura 2).

Em trabalho semelhante, Ghazawy (2012) aplicou lufenurom, produto de ação similar ao diflubenzurom, sobre ninfas de 5º ínstar de *Schistocerca gregaria* Foscak 1775 (Orthoptera: Acrididae) e verificou fraca deposição de gemas nos oócitos com muitos vacúolos estendidos dentro deles; camadas de células epiteliais foliculares pequenas ou desintegradas com septos frouxamente organizados perdendo sua forma compacta; citoplasma da célula folicular não homogêneo, lise celular; mitocôndrias desintegradas com perda da conformação ou ausência de cristas. Nos machos, observou perda e desorganização de espermatócitos, perda de tecido testicular, aparelho de golgi e citoplasma desintegrados com organelas anormais e dispersos, os tecidos sem consistência e células degeneradas ou totalmente destruídas.

Mansur et al. (2010) detectaram a presença de quitina nos ovários e demonstraram que a injeção de doses de lufenurom na cavidade metatorácica das fêmeas de *Rhodnius prolixus* Stal, 1859 (Hemiptera: Reduviidae) reduziu entre 30 e 50% a oviposição, indicando que a quitina esta envolvida no processo de ovogênese. Também, Tail et al. (2010) verificaram que a aplicação de diflubenzurom sobre *S. gregaria* perturbou o crescimento e desenvolvimento dos oócitos, reduziu o número de oócitos nos ovários, a espessura do epitélio folicular e comprimento dos folículos basais durante a maturação, sugerindo que a diminuição da fecundidade deveu-se a influência do diflubenzurom em processos bioquímicos da vitelogênese.



**Figura 2.** Aparelho reprodutor *Nezara viridula* (A) masculino normal T= testículos, Vd= vaso deferente, Pg= pigóforo; (B); (C); (D); deformado pelo diflubenzurom (E) feminino normal Ft= filamento terminal, Ov= ovários, Oó= Oócitos corionados, Es= espermateca, Gn= gonóforo, Ca= cálice, Ga= glândula acessória (F) ausência de espermateca pelo diflubenzurom (G) ovariolos desintegrados (H) ausência de componentes, Espermateca atrofiada. Microscópio estereoscópio.

## CONCLUSÕES

O piriproxifem, na concentração utilizada reduz a fertilidade de *Nezara viridula* e diminui a porcentagem de ninfas eclodidas.

Diflubenzurom, na concentração utilizada afeta a formação e desenvolvimento do aparelho reprodutor feminino e masculino de *Nezara viridula*

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Amiri, A; Bandani AR; Darvishzadeh, A. 2012. Effects of the insect growth regulators methoxyfenozide and pyriproxyfen on adult diapause in sunn pest eurygaster integriceps (Hemiptera: Scutelleridae). *J Agr Sci Tech* 14: 1205-1218.
- Castro, AA; Lacerda, MC; Zanuncio, TV, de S Ramalho, F, Polanczyk, RA; Serrão, JE; Zanuncio, JC. 2012. Effect of the insect growth regulator diflubenzuron on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Ecotoxicology* 21(1): 96-103.
- Corrêa-Ferreira, BS, Alexandre, TM; Pelizzaro, EC; Moscardi, F; Bueno, AF. 2010. Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura. Londrina, Embrapa Soja. (Embrapa Soja, Circular técnica, 78).
- Davey, KG. 1997. Hormonal controls on reproduction in female Heteroptera. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 35(4): 443-453.
- Dhadialla, TS; Retnakaran A, Smagghe G. 2005. Insect growth- and developmental-disturbing insecticides. *Comprehensive Molecular Insect Science* 6: 55-115.
- Dittmann, F; Biczkowski, M. 1995. Induction of yolk formation in hemipteran previtellogenic oocytes (*Dysdercus intermedius*). *Invertebrate Reproduction & Development* 28(1): 63-70.
- Esquivel, JF. 2011. Estimating potential stylet penetration of southern green stink bug - a mathematical modeling approach. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 140(2): 163-170.
- Fortes, P; Salvador, G; Consoli, FL. 2011. Ovary development and maturation in *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 40: 89-96.
- Gallo, D; Nakano, O; Silveira Neto, S; Carvalho, RPL; Batista, GC de; Berti Filho, E; Parra, JRP; Zucchi, RA; Alves, SB, Vendramim, JD; Marchini, LC; Lopes, JRS; Omoto, C. 2002. *Entomologia Agrícola*. Piracicaba, FEALQ. 920 p.
- Ghasemi, A; Sendi JJ; Ghadamyari, M. 2010. Physiological and biochemical effect of pyriproxyfen on indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Protection Research* 50(4): 416-422.
- Ghazawy, N. 2012. Ultrastructural observations on the gonads and neurosecretory cells of *Schistocerca gregaria* after treatment with Lufenuron (CGA-184699). *Journal of Orthoptera Research* 21(2): 141-148.
- Ishaaya, I; Horowitz, AR. 1992. Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J Econ Entomol* 85: 2113-2117.
- Kim, K; Kim, Y. 2002. A biochemical evidence of the inhibitory effect of diflubenzuron on the metamorphosis of the silkworm, *Bombyx mori*. *J Asian Pacific Entomol* 5(2): 175-180.
- Knighta, KM; Gurr, GM. 2007. Review of *Nezara viridula* (L.) management strategies and potential for IPM in field crops with emphasis on Australia. *Crop Protection* 26(1): 1-10.
- Leonardi, MG; Marciani, P; Montorfono, PG; Cappellozza S; Giordana, B; Monticalli, G. 2001. Effects of fenoxycarb on leucine uptake and lipid composition of midgut brush border membrane in the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Pestic Biochem Physiol* 70 (1): 42-51.
- Liu, SS; Li, AY; Lohmeyer, KH; Perez De Leon, AA. 2012. Effects of pyriproxyfen and buprofezin on immature development and reproduction in the stable fly. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. Paper 1048.
- Mansur, JF; Figueira-Mansur, J; Santos, AS; Santos-Junior, H; Ramos, IB; Medeiros, MN; Machado, EA; Kaiser, CR. 2010. The effect of lufenuron, a chitin synthesis inhibitor, on oogenesis of *Rhodnius prolixus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 98(1): 59-67.
- Martinez, T; Garcera, MD. 1987. Effect of precocene- II on female specific hemolymph polypeptides in *oncopeltus faciatus*. *Insect Biochemistry and Physiology* 6(1): 49-58.

- Miranda, JE; Bortoli, SA de; Takahashi, R. 2002. Efeitos de três análogos do hormônio juvenil aplicados em bicho-da-seda, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Neotropical Entomology* 31(1):019-025.
- Miyamoto, J; Hirano, M; Takimoto, Y; Hatakoshi, M. 1993. Insect growth regulators for pest control, with emphasis on juvenile hormone analogs: present status and future prospects. ACS Symposium Series, Washington v. 524. p. 144-168.
- Mommaerts, V; Sterk, D; Smagghe, G. 2006. Hazards and uptake of chitin synthesis inhibitors in bumblebees *Bombus terrestris*. *Pest Management Science West Sussex* 62(8): 752-758.
- Panizzi, AR. 2013. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. *Neotropical Entomology* 42: 119-127.
- Pendergrast, JG. 1956. The male reproductive organs of *Nezara viridula* (L.) with preliminary account of their development (Heteroptera; Pentatomidae). *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 84(P1): 139-146.
- Roggia, S; Corrêa-Ferreira, BS; Bueno, AF.; Alves, JB. 2011. Efeito de inseticidas reguladores de crescimento sobre a sobrevivência, desempenho reprodutivo e atividade alimentar do percevejo marrom da soja. *In Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil*, 32, São Pedro, Anais. Londrina, Embrapa Soja. p. 100-103.
- Rill S, Grafton-Cardwell, EE, Morse, JG. 2007. Effects of pyriproxyfen on California Red Scale (Hemiptera:Diaspididae). *Development and Reproduction Journal of Economic Entomology* 100(4): 1435-1443.
- Silva, MTB, Correa-Ferreira, BS, Sosa-Gomez, DR. 2006. Erro e resistência. *Revista Cultivar* 8(82): 22-25.
- Sosa-Gomez, DR; Moscardi, F; Correa-Ferreira, BS; Oliveira, LJ; Hoffmann-Campo, CB; Panizzi, AR; Corso, IC; Bueno, AF; Hirose, E; Gazzoni, DL; de Oliveira, EB. 2010. Soja, manejo integrado de pragas. Curitiba, Embrapa.
- Sosa-Gomez, DR; Silva da JJ. 2010. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45(7): 767-769.
- Sullivan, JJ; Goh, KS. 2008. Environmental fate and properties of pyriproxyfen. *Journal of Pesticide Science* 3: 339-350.
- Tail, G; Porcheron, P; Doumandji-Mitiche, B. 2010. Diflubenzuron et évolution des taux des ecdystéroïdes dans les ovaires et dans les oeufs du Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research* 19(2): 363-370.
- Tunaz, H; Uygun, N. 2004. Insect growth regulators for insect pest control. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 28: 337-387.
- Van Leeuwen, T; Demaeght, P; Osborne, EJ; Dermauw, W; Gohlke, S; Nauen, R; Grbić, M; Tirry, L; Merzendorfer, H; Clark, RM. 2012. Population bulk segregant mapping uncovers resistance mutations and the mode of action of a chitin synthesis inhibitor in arthropods. *PNAS* 109(12): 4407-4412.
- Wang, Z; Davey, KG. 1993. The role of juvenile hormone in vitellogenin production in *Rhodnius prolixus*. *Journal Insect Physiology* 39(6): 471-476.