



GOSSIPOL: FATOR DE RESISTÊNCIA A INSETOS-PRAGA

- Revisão Bibliográfica -

LUCIANO PACELLI MEDEIROS MACEDO¹; UEMERSON SILVA DA CUNHA²;
JOSÉ DJAIR VENDRAMIM¹

¹ESALQ/USP, Departamento de Entomologia, CEP 13.418-900, Piracicaba, SP, e-mail: lupacelli@yahoo.com.br

²Professor, Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Departamento de Fitossanidade, CEP 96.001-970, Pelotas, RS, uscunha@yahoo.com.br

RESUMO

Essa revisão objetivou abordar o uso do gossipol como um fator de resistência a insetos-praga. Este aleloquímico é um composto fenólico formado por aldeídos e terpenos, produzido por glândulas subepidérmicas de plantas do gênero Gossypium. Quando presente nas estruturas vegetativas e/ou reprodutivas do algodoeiro pode controlar um elevado número de insetos-praga provocando acréscimo no tempo de desenvolvimento, redução nos pesos larval e pupal, bem como diminuição na sobrevivência da fase adulta de insetos. A utilização do gossipol se apresenta como uma tática ecologicamente correta e economicamente viável aos cotonicultores dentro de um programa de manejo integrado de pragas, contribuindo assim, com a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Palavras-Chave: Gossipol; resistência de plantas; controle; insecta

GOSSIPOL: RESISTANCE FACTOR TO PEST INSECTS

ABSTRACT

This revision focus was to approach the use of gossypol as a resistance factor to pest insects, supplying future subsidies in studies on this allelochemical. Gossypol is a phenolic composition, formed by aldehydes and terpenes, produced by the subepidermal glands of plants of the Gossypium sort. When it is present in the vegetative and/or reproductive structures of the cotton plant, it can control a high number of pest insects, provoking longer development time, reduction the larval and pupal weights, as well as reduction in the survival of the adult phase. Moreover, the use of this allelochemical is tactics, inside of the MIP, ecologically correct and economically viable to the cotton farmers, contributing to a maintainable agro system.

Key-Words: Gossypol; plant resistance; control; Insecta

INTRODUÇÃO

De forma generalizada, as pragas constituem-se em um dos fatores limitantes à exploração racional de muitos agroecossistemas, provocando perdas da ordem de 13% na produção mundial (BENTO, 1999). As medidas que envolvem a utilização simultânea de diferentes técnicas de redução populacional, objetivando manter a população de insetos-praga abaixo do nível de dano econômico, de forma harmoniosa com o ambiente, referem-se ao que é conhecido por Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Embora, diversas táticas de controle menos agressivas ao meio ambiente possam ser utilizadas em um programa de MIP da cultura algodoeira, o controle químico ainda tem sido o método mais utilizado pelos cotonicultores, por ser considerado uma maneira potencial de se reduzir,

drasticamente, as populações de pragas nesse agroecossistema, além de sua disponibilidade no comércio. No entanto, as intensas aplicações de produtos fitossanitários têm contribuído para o surgimento de efeitos colaterais ou adversos, como a ressurgência de pragas secundárias, seleção de insetos resistentes aos diferentes ingredientes ativos, assim como a contaminação ambiental e dos alimentos. Em razão dos efeitos adversos (ou colaterais) e do grande volume de inseticidas utilizados na agricultura, novas técnicas ganham ênfase, como o controle biológico e o uso de variedades resistentes. Tais práticas têm demonstrado uma boa capacidade de redução da população de insetos-praga, trazendo benefícios sócio-econômico-ambientais.

Nos últimos 30 anos, intensificou-se a pesquisa sobre resistência varietal às pragas do algodoeiro. Muito progresso foi alcançado pelos melhoristas e entomologistas no desenvolvimento de variedades resistentes
Campo Dig., Campo Mourão, v.2, n.1, p.34-42, jan/jun. 2007

aceitáveis comercialmente, e sua inclusão em sistemas integrados de manejo de insetos-praga.

Segundo LARA (1991), algumas plantas possuem compostos ou substâncias que podem afetar a biologia, o desenvolvimento e a reprodução dos insetos, provocando antibiose, por isso são denominados antibióticos. Tais substâncias, existentes nas plantas e consideradas tóxicas aos insetos, já são utilizadas há muito tempo, como por exemplo a nicotina, α -solanina, α -chaconina, etc. Além do efeito sobre a praga, as substâncias antibióticas de uma planta resistente também podem passar do inseto fitófago para o predador (FARID, 1997).

Em plantas de algodoeiro há uma série de aldeídos-terpenos, como o gossipol, heliocidas e hemigossipolone, que conferem resistência às lagartas de várias espécies de lepidópteros. Além disso, outros fatores, como pilosidade e nectários extraflorais, também podem atuar sobre o comportamento dos insetos (CALHOUN, 1994; LARA, 1991; LUKEFAHR, 1960; LUKEFAHR, 1965; WILSON, 1976). Em variedades glabras também ocorre fato semelhante (LUKEFAHR, 1966), uma vez que plantas desprovidas de glândulas de gossipol ("glandless"), são mais preferidas para oviposição por muitas espécies de insetos (JENKINS, 1966).

Existe grande dificuldade de se extrair o aldeído-terpeno gossipol em condições de laboratório, conseguindo-se quantidades muito pequenas. Além disso, devido à fotoinstabilidade, degrada-se rapidamente na presença de luz. Outro problema, em se trabalhar com plantas com elevado teor de gossipol, é que a substância pode causar efeitos deletérios ao homem e aos animais, devido a sua toxicidade. No entanto, quando o produto final é a fibra nenhum problema foi constatado (CARVALHO, 1996).

Considerando-se a importância da resistência de plantas como tática no MIP, o objetivo dessa revisão foi abordar alguns aspectos relacionados ao uso do gossipol como um fator de resistência a insetos-praga que atacam a cultura do algodoeiro.

SUBSTÂNCIAS SECUNDÁRIAS DAS PLANTAS

Segundo PRICE (1984), além dos produtos diretamente envolvidos nas funções

primárias como a fotossíntese, respiração e crescimento, as plantas produzem uma grande variedade de outros compostos, os quais são denominados substâncias secundárias. Acredita-se que essas substâncias se manifestaram inicialmente como uma resposta das plantas às pressões exercidas pelos herbívoros e quando liberadas no ambiente foram acidentalmente envolvidas nas interações planta/planta (WHITTAKER, 1983).

Em decorrência dos benéficos da redução da competição entre plantas, estas continuaram a sintetizar tais substâncias, muitas delas servindo originalmente como uma função auto-ecológica da planta contra a dessecação, salinidade ou raios ultravioletas (STRONG, 1984).

Pesquisas têm sido conduzidas na tentativa de explicar a presença das substâncias secundárias nos processos metabólicos primários das plantas (RHOADES, 1976), porém não existe uma evidência clara sobre o assunto. De acordo com RHOADES (1985), essas substâncias servem para proteção da planta em geral, sendo que, relatos literários vêm se acumulando sobre o papel das mesmas nas interações planta/planta (alelopatia), planta/patógeno e planta/inseto. Algumas dessas substâncias secundárias, como o gossipol, o tanino e outros compostos fenólicos, têm sido incluídas nessas três classes de interações (RHOADES, 1976).

As funções dos produtos naturais das plantas podem ser múltiplas, envolvendo processos metabólicos primários, bem como a defesa da planta (SEIGLER, 1976).

SUBSTÂNCIAS SECUNDÁRIAS COMO MENSAGEIROS QUÍMICOS

Segundo NORDLUND (1981), o termo semioquímico foi proposto por LAW em 1971, para designar as substâncias químicas produzidas por um organismo e que provocam respostas em outros organismos. Os semioquímicos estão divididos em dois grupos maiores, os **feromônios**, que são substâncias secretadas por um organismo e que afetam o comportamento de outro da mesma espécie (intraespecíficos), e os **aleloquímicos**, que são substâncias que transmitem mensagens

químicas entre organismos de diferentes espécies (interespecíficos).

Os aleloquímicos, dependendo das circunstâncias, podem atuar como **alomônios**, quando favorecem o organismo emissor, como é o caso do gossipol, e como **caiomônios**, favorecendo o organismo receptor (LARA, 1991).

GOSSIPOL

O gossipol (8,8'-dicarboxaldeído-1,1',6,6',7,7'-hexahidroxi-5, 5'-diisopropil-3,3, -dimetil-2,2' - binaftaleno) é um composto fenólico, formado por aldeídos e terpenos, biossintetizado por plantas do gênero *Gossypium* da família Malvaceae, sendo

produzido em suas glândulas subepidérmicas e encontrado sobre cotilédones, folhas, estípulas, sépalas, caule, ramos, frutos e na amêndoa da semente, apresentando baixo peso molecular (BELL, 1967; CARVALHO, 1996; SHAVER, 1969).

As glândulas de gossipol são visíveis a olho nu como pequenos pontos escuros de tamanho diminuto (Figura 1); possuem formato esférico e contêm dois pigmentos: um de cor amarela, tóxico, que é o gossipol, e outro de cor vermelha, corante, o qual dá uma coloração acastanhada ao óleo que se extrai da semente. O gossipol é antinutritivo e tóxico ao homem e alguns animais, conferindo resistência às plantas contra muitos patógenos e insetos-praga (CARVALHO, 1996; McAUSLANE, 1998; SHAVER, 1969).

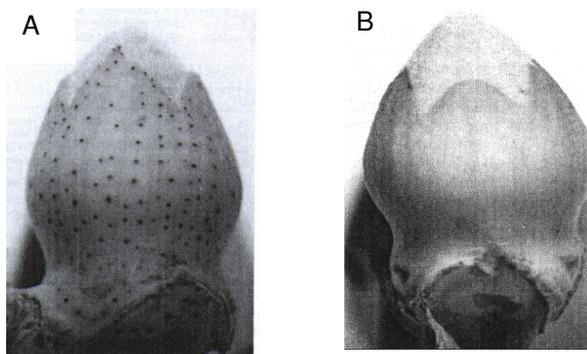


Figura 1. Botão floral com glândulas de gossipol (A) e desprovido (B).

O gossipol apresenta fórmula $C_{30}H_{30}O_8$, com a seguinte estruturação molecular (Figura 2):

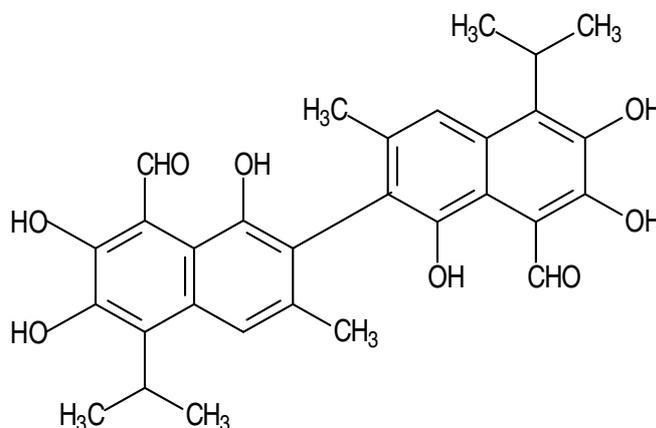


Figura 2. Estrutura molecular do gossipol.

IMPORTÂNCIA DO ALGODOEIRO DESPROVIDO DE GLÂNDULAS DE GOSSIPOL (“GLANDLESS”)

A característica “glandless” é uma mutação que se observou pela primeira vez no Arizona, em material descendente do cruzamento da variedade Hopi Moencopi (raça *punctatum* do *G. hirsutum*) com Acala. É um caráter qualitativo, sendo a existência de glândulas a forma dominante, e sua ausência a forma recessiva. Existem seis fatores genéticos que controlam a presença de glândulas nos diversos órgãos da planta. Três são de grande efeito, mas os mais importantes são o G_{l_2} e G_{l_3} , sendo a respectiva forma recessiva o g_{l_2} e o g_{l_3} (CARVALHO, 1996).

A existência do gossipol confere ao algodoeiro um certo grau de resistência às pragas e às doenças fúngicas. O aproveitamento da amêndoa da semente de algodão, na indústria de farinha para alimentação humana, tem particular interesse dado a sua riqueza protéica (20 a 25% de proteínas). Contudo, a concentração de gossipol impede tal utilização, devido sua toxicidade. De fato, tanto o ser humano como as aves são sensíveis ao gossipol. Apenas os animais ruminantes adultos o suportam em doses elevadas, razão porque podem ser alimentados sem inconveniente, com bagaços e sementes de algodão. O óleo extraído da semente de algodão, contendo gossipol, precisa submeter-se a um processo de refinação (neutralização, desodorização e branqueamento) para que possa ser consumido (CARVALHO, 1996).

A descoberta de algodoeiros desprovidos de glândulas de gossipol, “glandless”, veio oferecer novas perspectivas para a utilização da farinha da semente de algodão (que contém cerca de 50% de proteínas), isenta daquele pigmento, portanto sem toxicidade, o que tem bastante interesse e valor para os territórios com carências de alimentos protéicos, como é o caso dos países em desenvolvimento. Também, o óleo de sementes sem glândulas dispensa os processos de refinação, necessários para extração do gossipol, e branqueamento para eliminação da coloração acastanhada (CARVALHO, 1996).

Existem diversas variedades cultivadas que não possuem glândulas. Sucede que, dada a baixa toxicidade dos tecidos das respectivas plantas, estas são mais atacadas pelas pragas, sobretudo gafanhotos e lagartas. Isso obriga a uma cobertura fitossanitária mais criteriosa, o que onera o custo de produção aos cotonicultores (LUKEFAHR, 1966; SINGH, 1972).

O teor máximo de gossipol admissível na farinha da semente de algodão, para que não haja risco para a saúde humana é de 0,1 a 0,4%. Os animais ruminantes adultos podem contudo alimentar-se, sem perigo de intoxicação, com bagaços contendo de 0,1 a 0,4% de gossipol (CARVALHO, 1996).

Análises realizadas em amêndoas da semente de algodoeiros, cultivados em Moçambique, acusaram teores de 0,8% de gossipol. Quanto ao óleo refinado utilizado para consumo, o teor de gossipol foi baixo, estando em conformidade com as especificações da lei em vigor, pois oscilava entre 12 a 24 ppm (CARVALHO, 1996).

MODO DE AÇÃO DO GOSSIPOL SOBRE OS INSETOS-PRAGA

Sabe-se há muitos anos que o algodoeiro contém aldeídos-terpenos, os quais atuam também como inibidores de proteinases (IPs) (MEISNER, 1978). Esse grupo de proteínas está amplamente distribuído entre os vegetais e faz parte de um mecanismo de defesa das plantas contra o ataque de pragas e patógenos (RICHARDSON, 1991).

A interação entre nutrientes e aleloquímicos pode afetar a preferência por determinado tipo de alimento, pois para passar através do trato digestivo, os nutrientes devem estar em formas apropriadas. Assim, as proteínas são desdobradas em aminoácidos, desdobramento este seguido da produção de proteases, as quais diminuem a disponibilidade de proteínas. As plantas podem produzir níveis maiores destas enzimas inibidoras após serem atacadas por insetos e as transferem para as demais partes (PANIZZI, 1991). Isto é referido por GREEN (1972) para o coleóptero *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (*Coleoptera: Chrysomelidae*).

Os aleloquímicos com o agrupamento dehidroxi-orto no anel aromático podem quelar os minerais essenciais. O gossipol reduz a assimilação do alimento pelas lagartas de *Heliothis zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) embora não tenha efeito sobre *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (BERENBAUM, 1978). Segundo MEISNER, (1978), a atividade da proteinase e da amilase em cotilédones contendo glândulas de gossipol em elevados teores, inibiu a alimentação das larvas de *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae).

Assim, o mecanismo de ação de um inibidor de proteinase baseia-se na inibição competitiva de uma proteína, via bloqueio de sua atividade proteolítica. A ingestão de inibidores de proteinases pelos insetos herbívoros interfere no processo de degradação de proteínas no intestino médio (mesêntero). Portanto, os inibidores são considerados agentes anti-metabólicos, pois levam a uma deficiência protéica nos insetos. A atividade antibiótica dos inibidores de proteinases é atribuída à sua interferência na digestão protéica que diminui a disponibilidade de aminoácidos, prejudicando a síntese de proteínas necessárias ao crescimento, desenvolvimento e reprodução (SILVA FILHO, 2000).

Outra hipótese, é que os inibidores afetem o desenvolvimento de forma indireta, via um mecanismo de "feedback", que levaria a um aumento da produção de proteinases digestivas para compensar os baixos níveis de aminoácidos disponíveis. Estes seriam deslocados para síntese de proteinases em detrimento de outras proteínas essenciais. Entretanto, investigações mais recentes mostraram que a deficiência de aminoácidos essenciais resultantes da hiperprodução de proteinases em lagartas de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) e *H. zea* deveu-se à redução da atividade proteolítica intestinal (BROADWAY, 1995; SILVA FILHO, 2000).

GOSSIPOL COMO CAUSA DE RESISTÊNCIA

O aldeído-terpeno gossipol tem sido relatado como causa da resistência a diversas espécies de insetos-praga do algodoeiro, como lepidópteros, coleópteros e hemípteros.

Segundo LUKEFAHR (1969), concentrações elevadas de gossipol existente

em certas variedades de algodoeiro conferem resistência a fases larval e pupal de *H. zea* e *H. virescens*. Esses mesmos autores constataram que o elevado teor de gossipol presente nas maçãs, correspondente a 1,4%, foi responsável por 65% de mortalidade das lagartas, além de reduzir significativamente o seu desenvolvimento.

LUKEFAHR (1966) constataram que o período de oviposição de *H. virescens* não diferiu em plantas com e sem glândulas de gossipol e sugeriram a possibilidade de se produzir plantas com esse componente em doses elevadas. TINGEY (1975) observaram que o alto teor de gossipol tornou a planta de algodão resistente ao percevejo *Lygus hesperus* Knight (Hemiptera: Miridae).

LUKEFAHR (1966), estudando o efeito de três pigmentos de *Gossypium hirsutum* Linnaeus incorporados na dieta artificial de *H. zea* e *H. virescens*, observaram que o gossipol apresentou toxicidade a essas duas pragas. Esse aldeído-terpeno em concentrações mais elevadas, acima de 0,2%, foi responsável por apenas 30% de lagartas atingirem a fase de pupa, além de uma maior duração e um menor peso larval, seguido por um maior período de desenvolvimento das pupas, assim como um menor porcentual de pupação e menor peso pupal.

Segundo BARBOSA (1986), aplicações precoces de inseticidas tendem a aumentar as populações de *Heliothis* spp., por reduzirem as populações de inimigos naturais. Tal fato pode ser solucionado pela combinação do caráter bráctea frego com um ou mais caracteres de resistência a *Heliothis* spp., como o alto teor de gossipol. Deve ficar claro que a combinação de vários fatores de resistência é sempre uma melhor escolha para programas de manejo do que o uso de um fator isolado. Por exemplo, podem ser utilizados caracteres como bráctea frego, coloração vermelha da planta e número reduzido de anteras, combinados com o alto teor de gossipol, em uma mesma planta, conferindo assim resistência ao bicudo, a percevejos do gênero *Lygus* e a lagarta da maçã. A utilização de inseticidas seria recomendada apenas como medida complementar à ação dos caracteres de resistência.

De acordo com MONTANDON (1986), o gossipol atua sobre o curuquerê, *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Campo Dig., Campo Mourão, v.2, n.1,p.34-42, jan/jun. 2007

Noctuidae), mas apresenta pouco ou nenhum efeito sobre a lagarta-da-maçã, *H. virescens*, notando-se que 70% de *A. argillacea* atingiu a fase adulta, enquanto apenas 10% de *H. virescens* alcançou tal fase.

Segundo SHAVER (1970), o desenvolvimento de lagartas de *H. zea* e *H. virescens*, de cinco idades diferentes, variando de 0 a 9 dias, foi influenciado significativamente à medida que se elevaram as concentrações de gossipol. Para as lagartas de *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae), também de 0 a 9 dias, concentrações superiores a 0,1% causaram redução significativa no peso pupal e aumento considerável na duração do período de pupação e da fase adulta. De acordo com SHAVER (1969), o gossipol em concentrações variando de 0,025 a 0,4% reduziu o peso pupal e a porcentagem de pupação e aumentou a duração da fase pupal, a duração do período de larva a adulto e o percentual de emergência de *H. zea*, *H. virescens* e *P. gossypiella*.

HEDIN (1992), analisando diversas variedades de algodoeiro *Gossypium arboreum* Linnaeus na Ásia, constataram que as mesmas continham vários aleloquímicos, incluindo o gossipol, que não é comum em altos teores nessa espécie de algodoeiro asiático. Esses autores encontraram nos tecidos de algodoeiro uma elevada quantidade de gossipol, antocianina e tanino nas folhas, botões florais em formação e pétalas, e observaram que, devido a sua maior distribuição nas pétalas coloridas, o aldeído-terpeno, gossipol, representou a principal causa de resistência das plantas a *H. virescens*. As folhas, os botões florais em formação e as pétalas apresentaram uma concentração de gossipol da ordem de 25,8%, 44,7% e 49,8% respectivamente.

McAUSLANE (1997) e McAUSLANE (1998) estudando o efeito da indução sistêmica de aleloquímicos em plantas de algodão com e sem glândulas de gossipol, sobre a alimentação de *S. exigua*, constataram que até os três primeiros instares, as lagartas consumiram uma maior quantidade de folhas desprovidas de gossipol (89,0%).

Estudos a respeito da alimentação têm demonstrado efeitos de mono e sesquiterpenos sobre os lepidópteros

(GUNASENA, 1988). Cultivares de algodão, contendo glândulas de gossipol, como a Stoneville 213 e Deltapine 90 produzem em larga escala derivados voláteis de lipoxigenase no momento da alimentação larval de *A. argillacea*, causando fagodeterrência (LOUGHRIN, 1995).

Para MEISNER (1976), a partir de 48 horas, o aleloquímico gossipol apresentou uma fagodeterrência para lagartas de *Boarmia (Ascotis) selenaria* (Denis, 1775) (Lepidoptera: Geometridae), em concentrações abaixo de 2%. Quando esse composto foi adicionado à dieta de *B. (Ascotis) selenaria* verificou-se uma taxa de mortalidade de 40, 35 e 42,5% nas concentrações de 0,25; 0,50 e 1,0% respectivamente.

A presença de glândulas de gossipol distribuídas em diversas superfícies do algodoeiro, como nas folhas, brácteas, cálice e ovário, conferiu resistência a *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (RAJARAJESWARI, 1997), que observaram uma correlação negativa entre a presença de glândulas de gossipol nas superfícies das folhas e do ovário e a presença de *H. armigera*.

Pesquisas realizadas por HEDIN (1966) e MAXWELL (1966) comprovaram que o gossipol não produz efeito fagoestimulante sobre o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). Entretanto, esse estudo demonstrou que o gossipol é um estimulante para a oviposição de *A. grandis*, o qual poderá ser incrementado a dietas artificiais em concentrações variando de 1,0 a 1,5%, com o objetivo de induzir a sua oviposição. Segundo MAXWELL (1967), as fases larval e adulta de *A. grandis* foram tolerantes ao gossipol. De acordo com esses autores, O mecanismo com que esses insetos desintoxicam-se ou toleram o efeito tóxico desse componente tem sido estudado em laboratório, mas ainda não foi completamente elucidado. A capacidade fisiológica apresentada por esse inseto em suportar altas concentrações de gossipol pode estar relacionada a sua evolução, envolvendo os processos de desenvolvimento, seleção e tolerância ao longo do tempo. De acordo com SINGH (1972), o elevado teor de gossipol conferiu resistência a essa mesma espécie de inseto.

HEDIN (1995) estudando a oviposição de *A. grandis* em 16 cultivares de algodoeiro, contendo teores de gossipol nas anteras (0,27-0,63%), pétalas (0,09-0,85%) e ovários (0,05-0,16%), observaram que 100% das fêmeas ovipositaram em cultivares com baixo teor de gossipol, como ST-213 e DPL-50. Verificaram ainda que em teores elevados essa substância inibiu a oviposição de *A. grandis*, como ocorreu na cultivar T-297 que apresentou apenas 38,4% de puncturas.

Com relação ao efeito do gossipol sobre as interações tritróficas, BOIÇA JR (2002), não verificaram influência negativa na duração e na sobrevivência dos diferentes ínstares de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), quando estes predadores foram alimentados com lagartas de *A. argillacea* criadas em folhas de genótipos de algodoeiro com baixo, médio e alto teor de gossipol. O consumo de lagartas de *A. argillacea* foi maior quando se alimentaram de genótipos com alto teor de gossipol, indicando assim uma compatibilidade entre a utilização de plantas resistentes e o controle biológico.

Por tudo o que foi relatado, conclui-se que o gossipol auxilia no controle de um elevado número de espécies de insetos-praga, constatando um aumento no tempo de desenvolvimento, redução nos pesos larval e pupal, bem como uma diminuição na sobrevivência da fase adulta dos insetos.

CONCLUSÃO

A globalização e a abertura do mercado brasileiro vêm forçando agricultores a reorganizarem suas estruturas e a estabelecer novas bases de competitividade. Assim, uma das premissas passa a ser a transição dos sistemas convencionais de produção para agroecossistemas sustentáveis. Tal forma de produção, visando um equilíbrio entre produtividade e menor impacto negativo ao meio ambiente, se torna um consenso. Baseando-se nessa filosofia, o emprego de aleloquímicos, como o gossipol, vem despontando como uma ferramenta valiosa em programas de manejo integrado de pragas, visto ser esta, uma tática ecologicamente correta e economicamente viável para o cotonicultor.

Embora já existam evidências do efeito tóxico do gossipol a vários insetos-praga, são necessários mais estudos que expliquem o

verdadeiro mecanismo de ação desse composto fenólico nas plantas, principalmente na Região Neotropical, onde o algodoeiro representa economia de divisas. Viabilizando desta forma, um sistema de produção sustentável, através da diminuição dos custos de produção e da contaminação ambiental.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, S.; LUKEFAHR, M.J.; BRAGA SOBRINHO, R. **O bicudo do algodoeiro**. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. 314p.
- BELL, A.A. Formation of gossypol in infected or chemically irritated tissues of *Gossypium* species. **Phytopathology**, v.57, p.759-764, 1967.
- BENTO, J.M.S. Perdas por insetos na agricultura. **Ação Ambiental**, v.4, p.19-21, 1999.
- BERENBAUM, M. Toxicity of a furanocoumarin to armyworms: a case of biosynthetic escape from insect herbivores. **Science**, v.201, p.532-534, 1978.
- BOIÇA JR.; A.L.; SANTOS, T.M.; SOARES, J.J. Influência de genótipos de algodoeiro sobre o desenvolvimento e capacidade predatória de ninfas de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.69, n.1, p.75-80, 2002.
- BROADWAY, R.M. Are insects resistant to plant proteinase inhibitors? **Journal of Insect Physiology**, v.41, p.1111-1117, 1995.
- CALHOUN, D.S.; et al. Registration of La. 850082 FN and La. 850075 FHG, two cotton germplasm lines resistant to multiple insect pests. **Crop Science**, v.34, p.316-317, 1994.
- CARVALHO, P.P. **Manual do algodoeiro**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1996. 282p.
- FARID, A.; JOHNSON, J.B.; QUISENBERRY, S.S. Compatibility of a coccinellid predator with a Russian wheat aphid resistant wheat. **Journal of Kansas Entomological Society**, v.70, p.114-119, 1997.
- GREEN, T.R.; RYAN, C.A. Wounds-induced proteinase inhibitor in plant leaves: a possible defense mechanism against insects. **Science**, v.175, p.776-777, 1972.

- GUNASENA, G.H.; VINSON, S.B.; WILLIAMS, H.J.; STIPANOVIC, R.D. Effects of carophyllene, caryphyllene oxide, and their interaction with gossypol on the growth and development of *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v.81, p.93-97, 1988.
- HEDIN, P.A.; JENKINS, J.N.; PARROTT, W.L. Evaluation of flavonoids in *Gossypium arboreum* (L.) cottons as potential source of resistance to tobacco budworm. **Journal of Chemical Ecology**, v.18, n.2, p. 399-416, 1992.
- HEDIN, P.A.; McCARTY JR., J.C. Boll weevil *Anthonomus grandis* Boh. oviposition is decreased in cotton *Gossypium hirsutum* L. lines lower in anther monosaccharides and gossypol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, p.2735-2739, 1995.
- HEDIN, P.A.; THOMPSON, A.C.; MINYARD, J.P. Constituents of the cotton bud. III. Factors that stimulate feeding by the boll weevil. **Journal of Economic Entomology**, v.59, n.1, p.181-185, 1966.
- JENKINS, J.N.; MAXWELL, F.G.; LAFEVER, H.N. The comparative preference of insects for glanded and glandless cottons. **Journal of Economic Entomology**, v.59, n.2, p.352-356, 1966.
- LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.
- LOUGHRIN, J.H.; et al. Volatiles emitted by different cotton varieties damaged by feeding beet armyworm larvae. **Journal of Chemical Ecology**, v.21, p.1217-1227, 1995.
- LUKEFAHR, M.J.; HOUGHTALING, J.E. Resistance of cotton strains with high gossypol content to *Heliothis* spp. **Journal of Economic Entomology**, v.62, n.3, p.588-591, 1969.
- LUKEFAHR, M.J.; MARTIN, D.F. Cotton-plant pigments as a source of resistance to the bollworm and tobacco budworm. **Journal of Economic Entomology**, v.59, n.1, p.176-179, 1966.
- LUKEFAHR, M.J.; MARTIN, D.F.; MEYER, J.R. Plant resistance to five Lepidoptera attacking cotton. **Journal of Economic Entomology**, v.58, n.3, p.516-518, 1965.
- LUKEFAHR, M.J.; NOBLE, L.W.; HOGHTALING, J.E. Growth and infestations of bollworms and other insects on glanded and glandless strains of cotton. **Journal of Economic Entomology**, v.59, n.4, p.817-820, 1966.
- LUKEFAHR, M.J.; RHYNE, C.L. Effects of nectariless cottons on populations of three lepidopterous insects. **Journal of Economic Entomology**, v.53, n.2, p.242-244, 1960.
- MAXWELL, F.G.; JOHNE, N.J.; PARROTT, W.L. Influence of constituents of the cotton plant on feeding, oviposition and development of the boll weevil. **Journal of Economic Entomology**, v.60, n.5, p.1294-1297, 1967.
- MAXWELL, F.G.; LAFEVER, H.N.; JENKINS, J.N. Influence of the glandless genes in cotton on feeding, oviposition and development of the boll weevil in the laboratory. **Journal of Economic Entomology**, v.59, n.3, p.585-588, 1966.
- McAUSLANE, H.J.; ALBORN, H.T. Systemic induction of allelochemicals in glanded and glandless isogenic cotton by *Spodoptera exigua* feeding. **Journal of Chemical Ecology**, v.24, n.2, p.399-416, 1998.
- McAUSLANE, H.J.; ALBORN, H.T.; TOTH, J.P. Systemic induction of terpenoid aldehydes in cotton pigment glands by feeding of larval *Spodoptera exigua*. **Journal of Chemical Ecology**, v.23, n.12, p. 2861-2879, 1997.
- MEISNER, J.; et al. Gossypol inhibits protease and amylase activity of *Spodoptera littoralis* larvae. **Annals of the Entomological Society of America**, v.71, n.1, p.5-8, 1978.
- MEISNER, J.; WYSOKI, M.; TELZAK, L. Gossypol as phagodeterrent for *Boarmia (Ascotis) selenaria* larvae. **Journal of Economic Entomology**, v.69, n.5, p.683-685, 1976.
- MONTANDON, R.; et al. Comparison of the development of *Alabama argillacea* (Hübner) and *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) fed glanded and glandless cotton leaves. **Environmental Entomology**, v.15, p.128-131, 1986.
- NORDLUND, D.A. Semiochemicals: a review of terminology. In: NORDLUND, D.A.; JONES, R.L.; LEWIS, W.J. (Eds). **Semiochemicals: their role in pest management**. New York: Wiley, 1981. p.13-18.
- PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. 359p.
- PRICE, P.W. **Insect ecology**. New York: Wiley-Interscience, 1984. 387p.

- RAJARAJESWARI, V.; SUBBARAO, I.V. Gossypol glands in relation to resistance to bollworm (*Helicoverpa armigera*) in upland cotton (*Gossypium hirsutum*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.67, n.7, p.293-295, 1997.
- RHOADES, D.F. Offensive-defensive interactions between herbivores and plants: their relevance in herbivore population dynamics and ecological theory. **American Natural**, v.125 p.205-238, 1985.
- RHOADES, D.F.; CATES, R.G. Toward a general theory of plant antiherbivore chemistry. In: WALLACE, J.W.; MANSELL, R.L. (eds). **Biochemical interactions between plants and insects**. New York: Plenum Press, 1976. p.168-213.
- RICHARDSON, M.J. Seed storage protein: the enzyme inhibitors. In: ROGER, L.J. (ed.). **Methods in plant biochemistry**. New York: Academic Press, 1991. v.5, p.259-305.
- SEIGLER, D.; PRICE, P.W. Secondary compounds in plants: primary functions. **American Natural**, v.110 p.101-105, 1976.
- SHAVER, T.N.; LUKEFAHR, M.J. Effect of flavonoid pigments and gossypol on growth and development of the bollworm, tobacco budworm, and pink bollworm. **Journal of Economic Entomology**, v.62, n.3, p.643-646, 1969.
- SHAVER, T.N.; PARROTT, W.L. Relationship of larval age to toxicity of gossypol to bollworms, tobacco budworms and pink bollworms. **Journal of Economic Entomology**, v.63, n.6, p.1802-1804, 1970.
- SILVA FILHO, M.C.; FALCO, M.C. Interação planta-inseto. **Biotecnologia: Ciência & Desenvolvimento**, v.2, n.12, p.38-42, 2000.
- SINGH, I.D.; WEAVER, J.B. Growth and infestation of boll weevils on normal-glanded, glandless, and high-gossypol strains of cotton. **Journal of Economic Entomology**, v.65, p.821-824, 1972.
- STRONG, D.R.; LAWTON, J.H.; SOUTHWOOD, R. **Insects on plants**. Community patterns and mechanisms. Cambridge: Harvard University Press, 1984. 523p.
- TINGEY, W.M.; LEIGH, T.F.; HYER, A.H.J. *Lygus hesperus*: growth, survival, and egg laying resistance of cotton genotypes. **Journal of Economic Entomology**, v.68, p.28-30, 1975.
- WILSON, R.L.; WILSON, F.D. Nectariless and glabrous cottons: effect on pink bollworm in Arizona. **Journal of Economic Entomology**, v.69, n.5, p.623-624, 1976.
- WHITTAKER, R.H. The biochemical ecology of higher plants. In: SONDHEIMER, E.; et al. No-choice study of plant-insect interactions for *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) on selected cottons. **Environmental Entomology**, v.12, p.1833-1836, 1983.



Recebido 27 mar. 2007
Aceito 20 abr. 2007