

Capítulo 26

A bioecologia e a nutrição de insetos como base para o manejo integrado de pragas

Antônio R. Panizzi

José R. P. Parra

Introdução

A bioecologia e a nutrição de insetos, incluindo a chamada ecologia nutricional de insetos, envolvem a integração da informação bioquímica, fisiológica e comportamental, dentro do contexto da ecologia e da evolução (SLANSKY JUNIOR; RODRIGUEZ, 1987a). Essa visão ampla aponta para a necessidade de estudos básicos essenciais para entender os diferentes estilos de vida dos insetos, os quais variam conforme as guildas alimentares, dos mais conspícuos mastigadores de folhagem e frutos aos menos notados como os sugadores de sementes, broqueadores de frutos e mastigadores/sugadores de raízes (SLANSKY JUNIOR; RODRIGUEZ, 1987b). Em geral, o modelo da bioecologia e nutrição (ecologia nutricional) de insetos foca primariamente os aspectos básicos dos diferentes insetos (isto é, a biologia das guildas alimentares), e apenas, secundariamente, trata dos aspectos aplicados, apesar da enorme importância dos insetos como pragas de importantes culturas em âmbito mundial. No contexto do manejo integrado de pragas (MIP), várias táticas levam em consideração o modelo da bioecologia e nutrição. Elas incluem a resistência de plantas a insetos, cultivares ou culturas-armadilha, assincronia do alimento com a fenologia das pragas, consorciação de culturas e uso de aleloquímicos funcionais. Essas táticas, embora mencionadas em vários livros-texto sobre o MIP (PIMENTEL, 1981, 2002; KOGAN, 1986a; RECHCIGL; RECHCIGL, 2000; FLINT; GOUVEIA, 2001; PEDIGO, 2002; NORRIS et al., 2003), ainda precisam ser mais exploradas sob o enfoque do paradigma da bioecologia e da nutrição dos insetos (ecologia nutricional), considerando cada uma das guildas associadas com as plantas.

Nesse capítulo, será apresentada informação básica para programas holísticos de manejo integrado de pragas, incluindo as interações inseto-planta, diversidade plantas e estabilidade, e táticas do MIP, no contexto da bioecologia e nutrição de insetos. Como exemplo, o sistema composto pela soja *Glycine max* (L.) Merrill e os percevejos-praga será analisado. Essa guilda inclui muitas pragas importantes em diversas culturas no mundo (SCHAEFER; PANIZZI, 2000), e constitui o principal complexo de pragas que incide sobre a soja na Região Neotropical, maior área produtora dessa leguminosa no mundo. Ao usar esse sistema, pretende-se demonstrar como as informações básicas sobre as interações dessas pragas com a ampla gama de plantas hospedeiras (isto é, fontes de alimento) podem ser usadas para mitigar o impacto dos insetos na principal cultura, no caso, a soja.

A bioecologia e a nutrição de insetos fitófagos e o manejo integrado de pragas

Interações insetos–plantas

As interações dos insetos com as plantas têm sido exploradas de diversas maneiras, e a literatura sobre o assunto tornou-se extremamente abundante nos últimos 20 anos (AHMAD, 1983; CRAWLEY, 1983; BERNAYS, 1989–1994; BERNAYS; CHAPMAN, 1994; BRACKENBURY, 1995; JOLIVET, 1998). Os insetos fitófagos e as plantas das quais eles se alimentam compõem cerca de 50 % de todos os organismos vivos; representantes de Lepidoptera, Hemiptera e Orthoptera são essencialmente fitófagos (STRONG et al., 1984).

Apesar da gigantesca biomassa formada pelas plantas, apenas nove ordens de insetos utilizam plantas como seu alimento principal, o que sugere que as plantas não devem ser o alimento ideal por causa dos muitos atributos físicos (pilosidade, dureza dos tecidos, presença de espinhos, etc.) e químicos (presença de compostos não-nutricionais, desbalanço de nutrientes, falta de água, etc.), os insetos não são capazes de explorar as plantas completamente como fontes de nutrientes (EDWARDS; WRATTEN, 1980).

Em razão da diversidade de defesas das plantas e das adaptações de insetos para se alimentar delas, estudos em coevolução proliferaram nos últimos 40 anos, desde a publicação por Erlich e Raven (1964) do estudo sobre coevolução de plantas e borboletas. Apesar desse e de muitos outros estudos que se seguiram, vários autores não consideram a coevolução como o mecanismo geral que explica as interações insetos–plantas ou o mecanismo responsável pela estrutura das comunidades de insetos fitófagos (JANZEN, 1980; FOX, 1981; FUTUYMA, 1983; JERMY, 1984; STRONG et al., 1984). O fato é que os insetos e plantas coexistem e, considerando o manejo integrado de pragas em cultivos, as bases teóricas das interações insetos–plantas fornecem subsídios para pesquisas em resistências de plantas e a prática do MIP (KOGAN, 1986a; KOGAN; JEPSON, 2007).

Diversidade de plantas e estabilidade

A diversidade das espécies e a estabilidade de comunidades bióticas têm sido objeto de considerável interesse e debate. Embora esse pareça ser o caso de ecossistemas naturais, quando se consideram agroecossistemas, os ecologistas e os teóricos e praticantes do MIP ainda discutem se a hipótese da diversidade-estabilidade é válida. Em geral, os estudos sugerem que, com o aumento da biodiversidade, isto é, todas as espécies de plantas, animais e microrganismos que interagem no sistema, é possível estabilizar as comunidades de insetos e promover o seu manejo (ALTIERI; LETOURNEAU, 1984; ANDOW, 1991). Com a expansão de monoculturas, a diversidade de plantas é reduzida, com conseqüente destruição de habitats, diminuição da disponibilidade de recursos e redução no número de espécies de artrópodes; esse fato desencadeia trocas no funcionamento do ecossistema, afetando sua produtividade e sustentabilidade (ALTIERI; NICHOLLS, 1999).

Southwood e Way (1970) consideraram os seguintes fatores que influenciam o grau de biodiversidade em agroecossistemas: a) a diversidade da vegetação dentro e ao redor do agroecossistema; b) a permanência temporal e espacial das várias culturas no agroecossistema; c) a intensidade das práticas de manejo, tais como aração e aplicação de pesticidas; e d) o grau de isolamento do agroecossistema da vegetação natural. O papel da terra não cultivada na biologia das pragas das culturas e dos seus inimigos naturais tem sido reconhecido há longo tempo (van EMDEN, 1965).

Em agroecossistemas, a biodiversidade pode ser planejada ou associada, como sugerido por Vandermeer (1995). No primeiro caso, a biodiversidade consiste das culturas, da pecuária e dos organismos associados, os quais são introduzidos no sistema pelo homem, com fins econômicos ou estéticos, e são manejados intensamente. No segundo caso, a biodiversidade inclui todos os organismos, das plantas e animais superiores aos microrganismos, os quais ocorrem naturalmente ou se deslocaram para dentro do sistema, a partir de áreas circunvizinhas. Essa biodiversidade associada é importante para manter ou mitigar o desbalanço que comumente está associado com a biodiversidade planejada.

Poderia se afirmar que a estabilidade de ecossistemas, em geral, é o resultado da adição de todas as interações existentes nos organismos vivos. Dessa forma, pode-se deduzir que quanto mais estruturado o agroecossistema, maior a sua estabilidade. Altieri (1994) relatou que sistemas de cultivos com plantas altas (p. ex., milho) consorciados com plantas baixas (feijão ou abóbora) fornecem um número maior de nichos, aumentando a diversidade de espécies. No Sul do Brasil, pequenos produtores cultivam feijão, mandioca e cereais de inverno em áreas cercadas por plantas maiores tais como o milho ou feijão-guandu (*Cajanus cajan*). Essas últimas culturas não apenas promovem o aumento na diversidade de espécies, mas também funcionam como barreiras vivas, reduzindo a dispersão dos insetos e evitando a erupção das pragas. Produtores de soja orgânica, por exemplo, cultivam a soja em áreas relativamente pequenas e cercadas pela vegetação natural ou milho e/ou guandu, para reduzir o ataque das pragas (veja item Cultivo de plantas consorciadas).

Táticas do manejo de pragas no contexto da bioecologia e nutrição

As táticas do MIP relativas às cultivares resistentes, cultivar/cultura-armadilha e consorciação de plantas e aleloquímicos associados com esses sistemas podem ser analisados adequadamente sob a ótica da bioecologia e nutrição.

Cultivares resistentes

O uso de cultivares resistentes às pragas é uma das táticas mais efetivas, econômica e ecologicamente (PEDIGO, 2002) e deve ser um componente-chave em qualquer sistema de MIP. O desenvolvimento de cultivares resistentes, no contexto do modelo da bioecologia e nutrição, considerando-se o impacto nutricional, inclui as interações dos atributos do alimento, com o seu consumo e sua utilização, e as conseqüências na performance do inseto e no seu *fitness*, ou seja, na sua contribuição reprodutiva relativa para a próxima geração. Essas inter-relações entre o impacto nutricional do alimento e a resistência de plantas foram ilustradas por Slansky Junior (1990) (Fig.1). Neste diagrama, os estudos da bioecologia e nutrição (ecologia nutricional) de insetos procuram entender o efeito do alimento na biologia do inseto, enquanto a resistência de plantas tem por finalidade manipular os atributos do alimento para manejar as pragas. Assim, o procedimento básico da bioecologia e nutrição, considerando-se o impacto do alimento, suporta os procedimentos da resistência de plantas, e a convergência das duas disciplinas resulta no melhor entendimento de todo o processo.

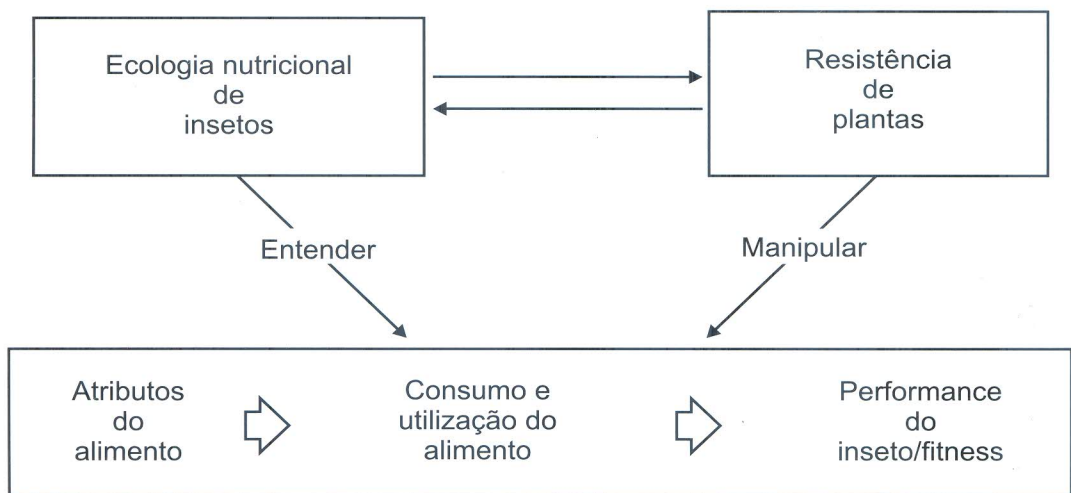


Fig. 1. Representação esquemática das inter-relações entre o impacto do alimento, sob o ponto de vista da ecologia nutricional de insetos, e a resistência de plantas.

Fonte: Slansky Junior (1990).

Das três modalidades fundamentais da resistência de plantas aos insetos, ou seja, antibiose, antixenose e tolerância de plantas, estabelecidas há mais de 50 anos por Painter (1951), o primeiro componente – antibiose – melhor se relaciona com o contexto da chamada ecologia nutricional de insetos. Os atributos das plantas relativos aos nutrientes, aos não-nutrientes e às características morfológicas ditam a extensão do impacto do alimento na biologia dos insetos. Esse impacto pode resultar na morte dos imaturos, reduzir as taxas de crescimento, aumentar a mortalidade das pupas, originar adultos menores com fecundidade reduzida, diminuir o tempo de vida e originar insetos deformados com comportamento anormal (PEDIGO, 2002).

Com a introdução dos organismos geneticamente modificados (OGM) que possuem toxinas, a resistência de plantas está passando por um novo momento (ver capítulo 25). Esse procedimento usando a biotecnologia moderna está sendo considerado um avanço tecnológico inédito na agricultura, comparado com a Revolução Verde do início dos anos de 1970. Por exemplo, as plantas transgênicas expressando a bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) produzem toxinas que conferem resistência às pragas, têm sido introduzidas em, pelo menos 18 culturas; cultivares de milho e algodão, e batata transgênicas contendo *Bt* já estão disponíveis comercialmente (SHELTON et al., 2002). Em 2001, cerca de 13 milhões de hectares foram cultivados com milho *Bt* e algodão *Bt* cotton, principalmente nos EUA e no Canadá (JAMES, 2001), e atualmente essa área aumentou várias vezes, existindo mais de 120 milhões de hectares plantados com plantas transgênicas no mundo. Cultivares com *Bt* estão também sendo cultivadas na China, Índia, África do Sul e Argentina (CARPENTER et al., 2002). Outras toxinas, tais como os inibidores de enzimas digestivas – proteinases e amilases –, e lectinas também estão sendo introduzidas em plantas para torná-las menos suscetíveis às pragas (GATEHOUSE; GATEHOUSE, 2000). Essas e outras toxinas introduzidas em cultivares de muitas culturas, certamente farão da resistência de plantas a insetos uma estratégia principal em programas de manejo integrado de pragas mundialmente. Entretanto, existem preocupações sobre o possível impacto ambiental de cultivares geneticamente modificadas resistentes a insetos, e esse assunto tem sido muito debatido (FONTES et al., 2002).

Culturas ou plantas-armadilha

Culturas ou plantas-armadilha são plantas, geralmente preferidas pelos insetos, cultivadas com o objetivo de atrair insetos e, conseqüentemente, evitar o seu ataque nas culturas. Isso pode ser alcançado por desviar as pragas da cultura-alvo, por concentrá-las em grande número em áreas restritas, onde medidas de controle podem ser aplicadas, geralmente de uma forma mais econômica, comparadas com os métodos convencionais de controle, tais como o uso de pesticidas (HOKKANEN, 1991).

Essa tática (culturas/plantas-armadilha) possui componentes fortes no contexto do modelo da bioecologia e da nutrição dos insetos. Esses componentes incluem, primeiramente, a preferência alimentar. Embora muitos insetos sejam polípagos ou

oligófagos, eles tendem a demonstrar preferências por certos grupos taxonômicos de plantas, e isso pode ser usado para atraí-los. Aparentemente, os insetos podem prever ou avaliar o valor nutricional das plantas, e escolher as mais aptas para depositar os ovos. Embora as plantas menos preferidas também desempenhem uma função importante na biologia dos insetos (ver item O Papel das Plantas Hospedeiras Menos Preferidas), as plantas hospedeiras preferidas contribuem em escala maior para o *fitness* do inseto.

Um segundo componente da tática de culturas/plantas-armadilha, considerando-se a bioecologia e a nutrição, tem a ver com o impacto da cultura/planta-armadilha na performance de larvas/ninfas e adultos. Usualmente, nessas plantas preferidas, o potencial máximo de contribuição para a próxima geração é esperado ser alcançado, com a produção de indivíduos com o *fitness* máximo, isto é, com a sobrevivência dos imaturos e reprodução dos adultos no grau máximo. Portanto, as populações de insetos vivendo sobre essas plantas preferidas tenderão a aumentar rapidamente, exaurindo esses recursos e, uma estimativa acurada da capacidade de suporte das plantas-armadilha deve ser feita para evitar que os insetos-praga não abandonem as plantas por causa da competição interespecífica e conseqüente falta de alimento. Portanto, é importante determinar quando interferir com medidas de controle nas plantas-armadilha para evitar a dispersão das populações para a cultura que se quer proteger.

Um terceiro componente da tática das culturas/plantas-armadilha, considerando a bioecologia e a nutrição, diz respeito ao fato de que essas plantas preferidas e, portanto, altamente nutricionais, permitem aos insetos estocar energia nos seus corpos para suportar os períodos de escassez de alimentos. Embora isso não seja considerado como um evento generalizado, é um fator importante na biologia dos insetos que acumulam energia. O fato de se alimentar numa fonte rica em nutrientes, tais como as plantas-armadilha, em particular no período que precede o inverno, pode ser crucial para a sobrevivência dos insetos.

Cultivo de plantas consorciadas

O cultivo de plantas consorciadas é outra tática do manejo integrado de pragas que se encaixa no contexto da bioecologia e da nutrição. Em geral, pode-se afirmar que à medida que aumenta a diversificação em sistemas de cultivo ou, à medida que aumenta o número de espécies de plantas cultivadas em um sistema particular (policulturas), erupções de populações de insetos herbívoros diminuem (ANDOW, 1991; ALTIERI, 1994), (ver item Diversidade de Plantas e a Estabilidade).

Existem várias razões que explicam por que os policultivos são menos atacados por insetos-praga. Primeiro, diferentes espécies de plantas intercaladas fornecem proteção mútua, atuando como barreiras físicas, cada uma em relação à outra; segundo, uma espécie de planta camufla a outra espécie, formando um mosaico que confunde o comportamento das pragas; e terceiro, o odor produzido por uma planta em particular pode repelir ou perturbar a capacidade de localização da planta desejada pelas espécies-praga (ALTIERI, 1994).

Outro ponto importante que faz as policulturas serem menos suscetíveis a erupções de pragas é a maior presença de inimigos naturais (predadores e parasitóides) em tais sistemas em relação aos monocultivos. Muitos relatos na literatura demonstram esse fato (ALTIERI; NICHOLLS, 1999; HORN, 2002; NORRIS et al., 2003). Também, a dispersão de insetos em resposta à diversidade vegetal é fortemente afetada. Esse autores relatam que o estabelecimento de um sistema de corredores de vegetação natural ligando os campos com culturas pode servir em múltiplos propósitos na implementação do MIP ao nível da paisagem. Por exemplo, esses corredores podem impedir a dispersão de inóculos, podem bloquear o movimento dos insetos-praga, e produzir biomassa para aumentar a fertilidade do solo, entre outros efeitos. O fato é que ao se construírem sistemas de cultivos mais diversos, acaba-se por fazê-los mais sustentáveis com maior conservação dos recursos (VANDERMEER, 1995).

Para funcionar adequadamente como uma tática de manejo, o cultivo de culturas consorciadas requer estudo acurado das condições locais. Em geral, há necessidade de obter informações sobre as tendências das populações locais antes de decidir qual tipo de cultivo implementar. Uma vez tomada essa decisão, é preciso decidir qual área deva ser reservada para cada cultura em questão. Como mencionado anteriormente, certa porção da área deve ser alocada para manter a vegetação natural, para fornecer refúgios e corredores que ligam o sistema, o que irá permitir o balanço dos insetos-praga com seus inimigos naturais. Há necessidade de um esquema forte de monitoramento desses insetos durante o período do cultivo e após a colheita, para entender os fluxos de insetos de uma cultura para a outra e para a vegetação nativa. Por fim, é necessário analisar cada sistema agrícola em separado, para entender as múltiplas interações dos insetos com seus inimigos naturais, o que depende do tamanho do campo, da localização, da composição de plantas, da vegetação circunvizinha e das práticas de manejo das culturas (ALTIERI; NICHOLLS, 1999).

Aleloquímicos funcionais

Os aleloquímicos funcionais são compostos que condicionam as interações fisiológicas e comportamentais entre organismos de espécies diferentes. Existem milhares de compostos que condicionam uma miríade de interações, os quais são classificados em três categorias clássicas: cairomônios (fornecem uma vantagem adaptativa ao organismo receptor); alomônios (dão uma vantagem adaptativa ao organismo emissor); e sinomônios (fornecem uma vantagem adaptativa a ambos, ao receptor e ao emissor). Para os propósitos do MIP, a classificação dos aleloquímicos proposta por Kogan (1986b) é um bom exemplo de como esses compostos funcionam: como cairomônios, eles podem funcionar como atraentes, direcionando os insetos para as plantas hospedeiras; como arrestantes, diminuindo ou paralisando o movimento; e como elicitores da alimentação ou oviposição, provocando picadas ou mordidas ou deposição de ovos. No segundo caso, como alomônios, eles podem funcionar como antixenóticos, desviando os insetos da planta (repelentes), acelerando os movimentos (excitantes da locomoção), inibindo a picada ou mordida (supressores), ou impedindo

a continuação da alimentação ou oviposição (deterrentes); ou como antibióticos, causando intoxicação (toxinas) ou, ainda, reduzindo os processos de utilização do alimento (fatores redutores da digestibilidade).

A maioria das plantas sintetiza as toxinas que afetam os insetos herbívoros. Essas toxinas que aumentam o *fitness* das plantas têm um custo metabólico. Estudos indicam que existe um balanço entre os custos e os vários efeitos ecológicos (KARBAN; BALDWIN, 1997), embora seja, em geral, difícil de medir tanto os custos como os benefícios associados com as substâncias de defesa.

As toxinas das plantas têm desempenhado papel importante nas plantas agrícolas, e muitas culturas contêm um ou mais tipos de toxinas. Para grupos importantes de toxinas presentes em grandes culturas, veja Seigler (2002). Algumas plantas produzem toxinas em suas raízes com efeitos tóxicos e/ou repelentes aos consumidores de raízes, tais como os nematóides. Essas plantas são conhecidas como plantas antagonistas (OWINO, 2002).

A resistência em plantas é conhecida de longa data em culturas e tem sido manipulada tanto por métodos tradicionais de melhoramento quanto por técnicas moleculares modernas (KARBAN; BALDWIN, 1997). Apesar dos muitos exemplos de sucesso dos cruzamentos visando à química dos compostos metabólitos secundários para aumentar a resistência, efeitos indesejáveis têm sido observados. Por exemplo, linhagens de algodão com altos teores de gossipol, um sesquiterpeno tóxico, mostram resistência às larvas da lagarta-da-maçã e outros herbívoros, mas mostram também efeitos tóxicos para humanos e animais domésticos (GERSHENZON; CROTEAU, 1991). Já a eliminação de glicosídeos cianogênicos das raízes tuberosas da mandioca reduz os efeitos tóxicos para humanos, mas pode aumentar a incidência de herbívoros e fungos em plantas sem esses compostos (MOELLER; SEIGLER, 1999). Assim, há necessidade de balancear os custos/benefícios da manipulação de toxinas em plantas.

Muitos estudos relatam a ampla variedade das interações dos aleloquímicos. Borden (2002) exemplifica essas interações entre plantas terrestres, artrópodes e vertebrados. Em uma revisão recente, Isman (2006) refere-se ao uso de compostos químicos com ação inseticida, repelente e deterrente de origem botânica, que têm um papel cada vez maior na agricultura sujeita às crescentes regulamentações que estão inibindo o uso de inseticidas convencionais. Apesar dos muitos estudos e exemplos na literatura, a adoção dos aleloquímicos como uma ferramenta no manejo de pragas tem sido limitada por várias razões, várias delas discutidas. Fica claro que muito ainda precisa ser investigado e não há dúvidas de que o manejo de insetos-praga pelo uso de aleloquímicos irá desempenhar papel preponderante em programas de MIP no futuro.

Estudo de caso: a bioecologia e nutrição e o manejo de heterópteros-praga da soja

Como um exemplo no contexto da bioecologia e da nutrição de insetos fitófagos e do manejo integrado de pragas (MIP), o grupo alimentar dos heterópteros-praga da

soja, *Glycine max* (L.) Merrill será analisado. A soja é uma leguminosa cultivada mundialmente e é colonizada por muitos insetos, o que inclui os heterópteros (percevejos), pragas importantes na Região Neotropical (KOGAN; TURNIPSEED, 1987; PANIZZI; CORRÊA-FERREIRA, 1997).

História da vida dos heterópteros-praga da soja

Muitas espécies de heterópteros-praga ocupam apenas um terço de suas vidas alimentando-se de culturas como a soja, o milho e o algodão, durante a primavera-verão, em geral, suas plantas preferidas. O resto do tempo eles se alimentam e se reproduzem sobre plantas hospedeiras alternativas ou ocupam nichos para a passagem do período desfavorável (inverno). A maioria dos estudos sobre a biologia dos heterópteros no campo concentra-se nas culturas, dedicando pouca atenção para o papel das plantas selvagens, usualmente, menos preferidas. Embora os percevejos possam não se reproduzir nessas plantas (pelo menos em algumas delas), elas fornecem nutrientes e água. Algumas plantas hospedeiras alternativas podem nem mesmo serem reconhecidas como plantas tóxicas em potencial pelos percevejos, apesar de sua polifagia e ampla capacidade de suportar aleloquímicos tóxicos ou falta de nutrientes essenciais.

Normalmente, os percevejos procuram as plantas hospedeiras alternativas à medida que as culturas amadurecem e são colhidas, e continuam a se desenvolver e reproduzir, em particular em áreas tropicais ou subtropicais, onde permanecem ativos o ano inteiro. Considerando-se as espécies de percevejos associadas com soja, vários estudos relatam as suas plantas hospedeiras em muitas partes do mundo (KIRITANI et al.; 1965; MINER, 1966; SINGH, 1972; JONES JUNIOR, 1979; TODD; HERZOG, 1980; JONES JUNIOR; SULLIVAN, 1981, 1982; VELASCO et al., 1995; PANIZZI, 1997). O uso de plantas hospedeiras alternativas por percevejos e a sua manipulação com o objetivo de manejá-los será discutido adiante (item Sequência de Plantas Hospedeiras). Apesar desses muitos relatos, muito ainda permanece por ser feito, particularmente no que se refere às plantas hospedeiras alternativas consideradas menos preferidas e exploradas apenas ocasionalmente (PANIZZI, 2000) (veja item O Papel das Plantas Hospedeiras Menos Preferidas para detalhes).

O manejo dos heterópteros em soja

Resistência de plantas

Como indicado previamente (item Cultivares resistentes), a resistência de plantas é uma tática de manejo integrado de pragas (MIP) muito importante no contexto da bioecologia e da nutrição dos insetos. No caso dos percevejos, muitos estudos têm sido conduzidos ao longo dos anos, incluindo a avaliação de cultivares comerciais e de genótipos de bancos de germoplasma, e desenvolvimento de novas cultivares.

Estudos iniciais desenvolvidos por McPherson (1978) com soja sugeriram que a cultivar comercial Lee 68 possuiria algum mecanismo de tolerância aos danos dos percevejos. De forma semelhante, Link et al. (1971, 1973) encontraram uma menor porcentagem de sementes danificadas por percevejos na cultivar Bienville, comparado com a cv. Santa Rosa e Industrial, e que a cv. Serrana foi menos afetada por percevejos do que a cv. Bienville. Jones Junior e Sullivan (1978) encontraram que a cv. Essex, com ciclo mais curto do que outras cultivares, escapou aos danos severos por percevejos. Essa observação de que cultivares precoces evitam os danos dos percevejos, fato observado por vários pesquisadores em diversos locais, constituiu a base para o desenvolvimento maciço de programas de melhoramento de soja que culminaram no desenvolvimento de cultivares precoces que escapam aos danos dos percevejos, particularmente no Brasil.

A avaliação de germoplasma levou à descoberta de vários genótipos conhecidos por plantas introduzidas (PIs) com vários graus de resistência a vários insetos-praga, incluindo os percevejos. Por exemplo, Turnipseed e Sullivan (1975) relataram efeitos adversos das PIs 229358, 227687 e 171451, e da linhagem ED 73-371 ao percevejo-verde, *N. viridula*. Jones Junior e Sullivan (1979) demonstraram que a PI 229358 foi a mais consistentemente resistente às ninfas de *N. viridula*. Outra PI, a PI 171444, também demonstrou possuir resistência ao *N. viridula*, do tipo antibiose e antixenose (GILMAN et al., 1982; KESTER et al., 1984). As linhagens IAC 74-2832 e Chi-Kei No. 1B demonstraram menor danos aos percevejos ao serem comparadas com outros genótipos no campo (PANIZZI, et al., 1981).

Apesar dos muitos anos de pesquisa, foi apenas em 1989 que a primeira cultivar resistente foi lançada, a qual apresentava antibiose e tolerância aos percevejos (ROSSETTO, 1989). Essa cultivar foi chamada de IAC 100, em homenagem ao centésimo ano do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). A cultivar foi utilizada por certos agricultores, mas logo foi substituída por outras mais produtivas, apesar de suscetíveis aos percevejos. Mais recentemente, em uma série de artigos, Lourenção et al. (1997, 1999, 2000, 2002, 2005) relataram o comportamento de cultivares e linhagens de soja com diferentes graus de resistência aos insetos sugadores.

Como o indicado por Boethel (1999), ao longo dos anos, os melhoristas e os entomologistas depararam com diversos obstáculos ao desenvolverem cultivares de soja resistentes aos insetos. A incorporação do gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) em cultivares de soja abre novamente perspectivas para os programas de melhoramento de soja visando à resistência às pragas, porém, para o caso dos mastigadores que são afetados pelo *Bt*. Entretanto, o desenvolvimento de cultivares de soja resistentes aos sugadores (percevejos) permanece como um desafio.

Cultura-armadilha

O uso de cultura-armadilha, ou seja, uso da mesma espécie vegetal preferida pela espécie de praga em questão, em diferente estágio fenológico de desenvolvimento,

tem sido adotado com certo sucesso em soja para manejar percevejos em várias regiões do mundo.

Aparentemente, o primeiro estudo em soja com percevejos foi conduzido por Newsom e Herzog (1977), os quais relataram a atratividade da soja cultivada mais cedo, isto é, em antecipação às demais áreas, aos percevejos em Louisiana, EUA. Os percevejos se concentraram nas áreas pequenas cultivadas mais cedo, cujas plantas já estavam no período reprodutivo, com vagens contendo sementes, que os atraíram. Na área restante, cultivada mais tarde, as plantas estavam ainda no período vegetativo, sendo menos atrativas. O controle químico efetuado nas plantas em reprodução evitou a dispersão dos insetos para as áreas circunvizinhas. Resultados semelhantes foram mais tarde relatados nos EUA por Ragsdale et al. (1981) e McPherson e Newsom (1984).

No Brasil, cultivares precoces ou semeadas mais cedo, ocupando cerca de 10 % dos campos de soja, circundando ou em faixas no meio da área principal (Fig. 2) foram utilizadas com sucesso, reduzindo o grau de colonização da área principal pelos percevejos (PANIZZI, 1980). Essa tática de controle de percevejos, utilizada em conjunto com a liberação do parasitóide de ovos *Trissolcus basal* (Wollaston) na área-armadilha no início do estabelecimento da cultura, foi efetiva no controle dos percevejos (CORRÊA-FERREIRA, 1987). Estudos adicionais com o uso da técnica da cultura-armadilha para manejar percevejos foram também conduzidos no Brasil Central por Kobayashi e Cosenza (1987).



Foto: Antônio R. Panizzi

Fig. 2. Cultura-armadilha em soja, com uso de cultivar precoce nas bordaduras da lavoura, ocupando cerca de 10 % da área total, para atrair percevejos.

Apesar desses muitos estudos e resultados favoráveis, a técnica da cultivar-armadilha para manejar percevejos em soja tem se limitado a situações especiais, como campos de soja isolados ou cultivos orgânicos, onde o uso de pesticidas é proibido. Existem várias razões que explicam os motivos de essa técnica ser pouco utilizada: os hábitos alimentares de polifagia dos percevejos dificultam a sua atração para a área com cultura-armadilha; o pouco conhecimento das interações plantas/hospedeiros; e a falta de interesse dos agricultores que, em geral, preferem métodos convencionais mais práticos, como o controle químico convencional.

O manejo de culturas consorciadas para mitigar o impacto dos heterópteros em soja

Em geral, a soja é cultivada em áreas extensas, no mundo todo. Entretanto, em algumas regiões onde a cultura está se expandindo, uma grande porcentagem da área cultivada ocorre em campos pequenos. Esses campos são explorados pelos chamados agricultores pequenos com objetivos específicos, como a produção de soja orgânica ou produção de soja tipo vegetal para consumo humano.

Nesses campos pequenos, o consórcio de culturas é uma prática comum. Por exemplo, em algumas áreas do Sul do Brasil, o cenário se constitui de campos de soja cercados por vegetação natural ou outras culturas (Fig. 3). Nessa condição, a soja normalmente escapa dos danos causados pelos percevejos. É conhecido que, nos

Foto: Marcos Lena – GaMa Comercial Importadora e Exportadora Ltda



Fig. 3. Área com cenário envolvendo campos de soja pequenos cercados por vegetação natural ou outras culturas. Nessa situação, normalmente a soja não é atacada pelos percevejos.

Trópicos, quando a soja é cultivada próxima a outras culturas, como outras leguminosas, ela é muito menos danificada pelos percevejos do que quando cultivada em áreas com plantas de soja apenas (JACKAI, 1984; NAITO, 1996).

Por mais de 15 anos, temos cultivado soja para fins de pesquisa em campos pequenos, cercados por outras culturas. Nesses campos, observou-se um grau de colonização das plantas de soja por percevejos muito menor do que o observado nas chamadas áreas abertas. Mesmo nessas áreas expostas, as quais são em geral planas e maiores do que os campos pequenos, a adição de outras culturas resulta na redução do impacto dos percevejos.

Substâncias que interferem no processo alimentar para mitigar o impacto dos heterópteros em soja

O uso de compostos secundários ou aleloquímicos que interferem no processo alimentar foi discutido brevemente no item Aleloquímicos Funcionais. Com respeito aos heterópteros que se alimentam das sementes da soja, o exemplo de uma substância que interfere no comportamento alimentar será discutido em detalhes.

Observações de campo, em lavouras de soja do Sul do Brasil, de uma aparente atração de percevejos para roupas suadas ou cabos de ferramentas utilizadas pelos agricultores causaram a especulação de que o suor humano estaria atraindo os percevejos. Testes de campo foram então conduzidos com cloreto de sódio (NaCl ou sal de cozinha) misturado com água e pulverizados sobre as plantas de soja. Estudos iniciais, em casa de vegetação, com plantas de soja em vasos, revelaram que o percevejo-verde, *Nezara viridula* (L.), preferiu plantas pulverizadas com NaCl comparado com plantas que receberam apenas água (CORSO, 1989). Resultados de testes adicionais usando uma mistura de NaCl (0,5 %) com a metade da dose dos inseticidas recomendados para o controle de percevejos indicaram uma mesma eficácia dos pesticidas no seu controle. A dose reduzida foi prontamente adotada pelos agricultores, por razões econômicas (CORSO, 1990).

Testes adicionais de campo foram conduzidos na Embrapa Soja em Londrina, PR, por Panizzi e Oliveira (1993), para testar a suposta atração do NaCl aos percevejos. Foram selecionadas parcelas (32 m x 7 m) em nove locais diferentes de campos de soja, as quais foram pulverizadas com NaCl (0,5 %) em metade da área, a outra metade recebendo apenas água. Foram feitas amostragens dos percevejos, aproximadamente, duas vezes por semana durante onze semanas (total de 15 amostragens), usando-se o método do pano para a contagem de ninfas e adultos dos percevejos *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* e *Euschistus heros*. Os resultados indicaram que tanto ninfas como adultos das três espécies de percevejos foram mais abundantes nas áreas que receberam sal, comparadas com as áreas que receberam apenas água (Fig. 4).

Pelo fato de o sal não ser volátil e não ter um efeito sinérgico com inseticidas (SOSA-GÓMEZ et al., 1993), investigações adicionais foram conduzidas por Niva e Panizzi (1996) para testar a hipótese de que o sal de cozinha estava interferindo no

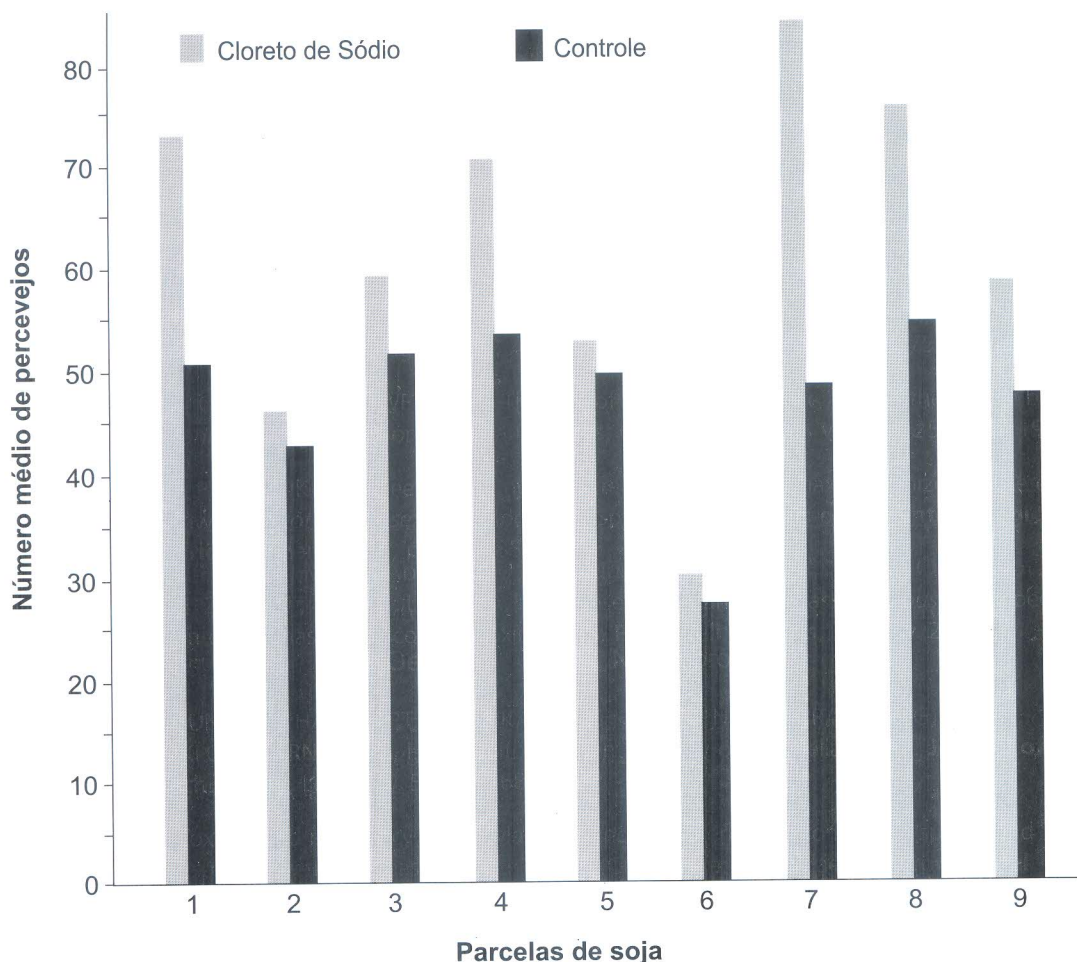


Fig. 4. Número médio de ninfas + adultos das três principais espécies de percevejos pentatomídeos (*Nezara viridula*, *Euschistus heros* e *Piezodorus guildinii*) capturados em nove parcelas com soja. Cada média corresponde a 15 datas de amostragem. As parcelas foram pulverizadas com solução de cloreto de sódio (0,5 %) numa metade e na outra com água apenas. Londrina, PR, 1990.

Fonte: Panizzi e Oliveira (1993).

comportamento alimentar dos percevejos. Eles compararam o comportamento alimentar do percevejo-verde, *N. viridula*, em vagens de soja tratadas com NaCl (0,5 %) e vagens de soja tratadas com água apenas (testemunha). Eles ofereceram vagens de soja com e sem sal para os percevejos confinados em arenas (placas de Petri 14 cm x 2 cm) e anotaram o tempo gasto para provar o alimento com as peças bucais e em alimentação (inserção dos estiletes nas vagens de soja). Os resultados indicaram que os percevejos gastaram muito mais tempo provando as vagens tratadas com sal do que as não-tratadas, e o tempo de alimentação foi semelhante em ambos os tratamentos (Fig. 5). O fato de o comportamento de prova ser muito maior nas vagens tratadas com sal causa um efeito arrestante, isto é, faz com os percevejos permaneçam

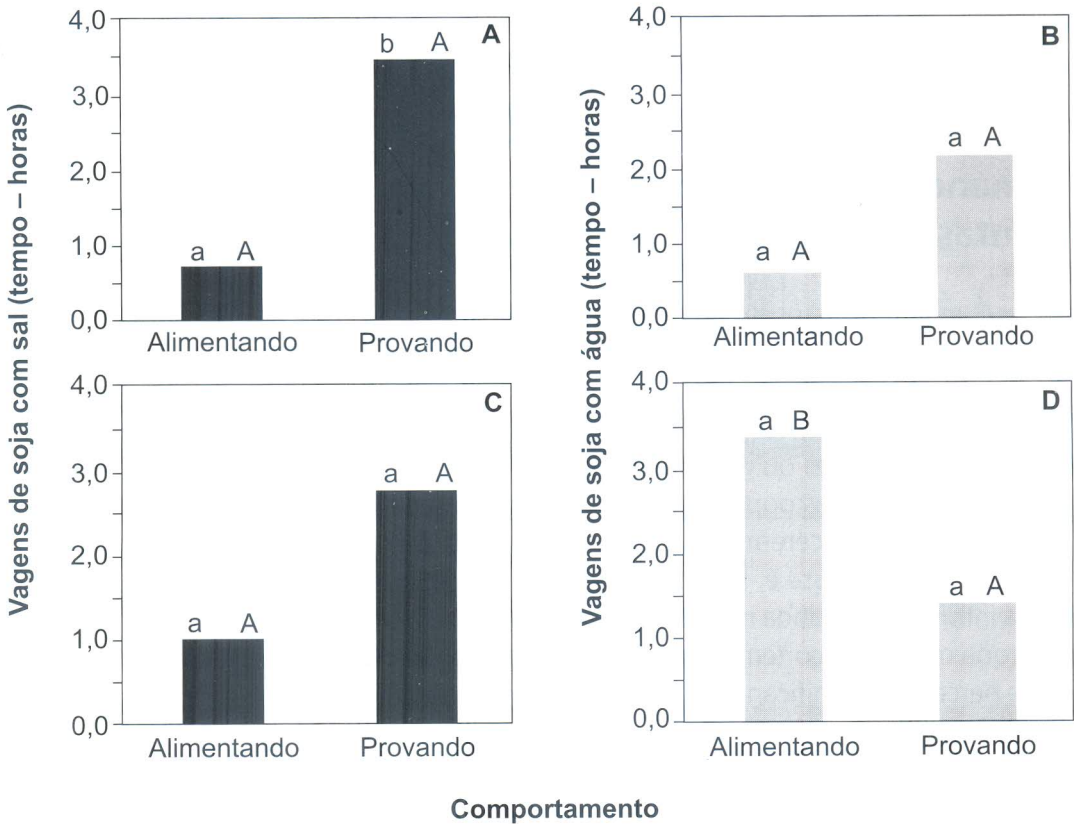


Fig. 5. Duração total (horas) dos comportamentos associados com a alimentação do percevejo-verde, *Nezara viridula* em vagens de soja que receberam solução de cloreto de sódio (0,5 %) (A e C) comparada com vagens-testemunhas (tratadas com água apenas) (B e D). Letras minúsculas (entre comportamentos dentro de cada tratamento) e maiúsculas (entre tratamentos e dentro de cada comportamento) diferentes, indicam diferenças significativas usando os testes aleatórios ($P < 0,05$).

Fonte: Niva e Panizzi (1996).

mais tempo sobre as vagens tratadas. Isso explica o maior número de percevejos encontrados em plantas tratadas com sal observado por Corso (1989) e Panizzi e Oliveira (1993), e a maior eficácia dos inseticidas em doses reduzidas quando misturados ao sal, relatados por Corso (1990). Esse exemplo ilustra o potencial do uso de substâncias que interferem com o processo alimentar para manejar espécies-praga de insetos, considerando-se estudos básicos do comportamento alimentar mediado por sensilas gustativas presentes na ponta do lábio dos percevejos (ver Fig. 9 no capítulo 12).

Outros aleloquímicos incluem substâncias como a azadaractina e outros limonóides, extraídos de plantas da família Meliaceae. Essas substâncias são conhecidas por causarem efeitos tóxicos, isto é, interrompem o crescimento de ninfas do percevejo-verde, *N. viridula*, além de terem efeitos antialimentar, reduzindo a frequência das puncturas (SEYMOUR et al., 1995; MITCHELL et al., 2004). Mais recentemente, Koul (2006)

publicou uma listagem de compostos sintéticos e naturais que apresentam efeitos antialimentar, ressaltando a importância desses compostos em substituição aos produtos inseticidas convencionais.

O manejo de heterópteros em plantas hospedeiras alternativas

A maioria das espécies de heterópteros passa apenas um terço de sua vida alimentando-se e se reproduzindo em culturas durante a primavera e o verão. O resto do tempo, são encontrados alimentando-se e reproduzindo-se em hospedeiros selvagens alternativos, ou ocupando nichos para a passagem do inverno, tais como sob cascas de árvores ou no solo debaixo de folhas secas. Dessa forma, é importante o monitoramento das populações nos hospedeiros alternativos ou nos abrigos, com o objetivo de estabelecerem táticas de manejo antes que esses percevejos colonizem as plantas cultivadas. Esse é, talvez, um dos maiores desafios aos entomologistas, porque muita informação é ainda necessária sobre sua biologia, ecologia e seu comportamento, e porque muito pouco tem sido investigado comparado com o que é conhecido sobre esses percevejos danificando plantas de interesse econômico.

Para conceber estratégias para manejar espécies-praga, é preciso conhecer quais hospedeiros selvagens são explorados pelos percevejos, quão adequados eles são para o desenvolvimento das ninfas e reprodução dos adultos, quais seqüências de plantas são utilizadas pelas gerações subseqüentes, e quando ocorre dispersão das plantas cultivadas para as plantas selvagens e vice-versa (PANIZZI, 1997).

Seqüência de plantas hospedeiras

Em geral, os percevejos exploram uma ampla variedade de plantas hospedeiras dentro da mesma geração ou em gerações sucessivas. As ninfas e os adultos movem-se entre exemplares de plantas da mesma espécie ou de espécies diferentes, as quais podem ser colonizadas em seqüência. Há vários exemplos de seqüência de plantas hospedeiras utilizadas por diferentes espécies de percevejos (PANIZZI, 1997).

No Estado do Paraná, na Região Norte, o extremamente polífago percevejo-verde, *Nezara viridula*, coloniza a soja durante o final da primavera e o verão, completando três gerações nessa cultura, antes de se mover para hospedeiros alternativos como a *Crotalaria lanceolata*, onde uma quarta geração é completada (Fig. 6). Durante esse período, o percevejo pode se alimentar de carrapicho-de-carneiro, *Acanthospermum hispidum*, sobre cuja planta não se reproduz. Uma quinta geração é completada durante o inverno ameno do norte do Paraná em nabo-bravo ou nabiça, *Raphanus raphanistrum*; em mostarda, *Brassica campestris* e em feijão-guandu, *Cajanus cajan*. Ainda durante o inverno, *N. viridula* pode se alimentar do trigo, *Triticum aestivum*, mas não se reproduz nesse hospedeiro. Uma sexta geração é completada em rubim,

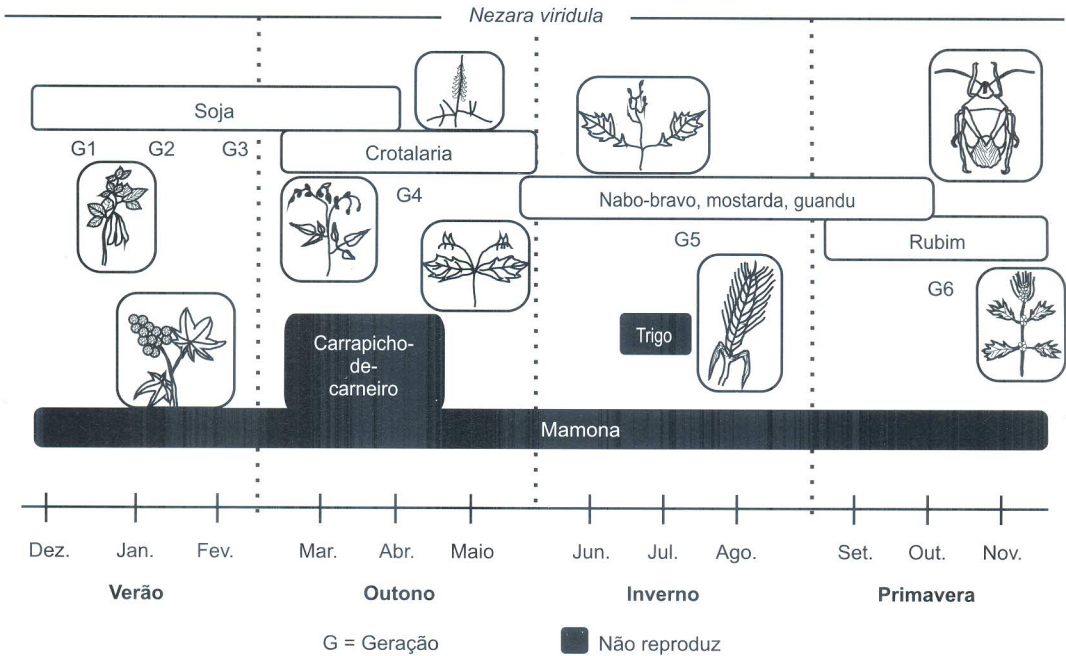


Fig. 6. Seqüência de plantas hospedeiras cultivadas e selvagens usadas por sucessivas gerações do percevejo-verde, *Nezara viridula* no Norte do Estado do Paraná (caixas em branco indicam ocorrência de reprodução).

Fonte: Panizzi, 1997.

Leonurus sibiricus. Durante o ano todo, o percevejo-verde pode ser observado em mamona, *Ricinus communis*, em cuja planta pode se alimentar, mas não se reproduz.

O menos polífago percevejo-verde-pequeno, *Piezodorus guildinii*, também completa três gerações em soja (Fig. 7). Uma quarta geração é completada em leguminosas tais como crotalária, feijão-guandu e várias espécies de anileiras (*Indigofera hirsuta*, *I. truxillensis* e *I. suffruticosa*). Durante o inverno, o percevejo-verde-pequeno alimenta-se das leguminosas (anileiras) mas, em contraste com o percevejo-verde *N. viridula*, não se reproduz nessa época. Por ser espécie neotropical, *P. guildinii* é menos adaptado às temperaturas mais baixas do inverno ameno da região. Uma quinta geração é completada nas anileiras, antes de os percevejos começarem a colonizar a soja no final da primavera.

O percevejo-marrom-neotropical, *Euschistus heros*, à semelhança das duas espécies anteriores, também completa três gerações em soja. Durante o final do verão e início do outono, uma quarta geração é completada em feijão-guandu, *Cajanus cajan*. Durante o verão, pode ser encontrado alimentando-se da erva daninha conhecida por leiteiro ou amendoim-bravo, *Euphorbia heterophylla*, mas a reprodução sobre essa planta foi observada apenas em laboratório (PINTO; PANIZZ, 1994). *E. heros* pode se alimentar, mas não se reproduz, em carrapicho-de-carneiro, *Acanthospermum*

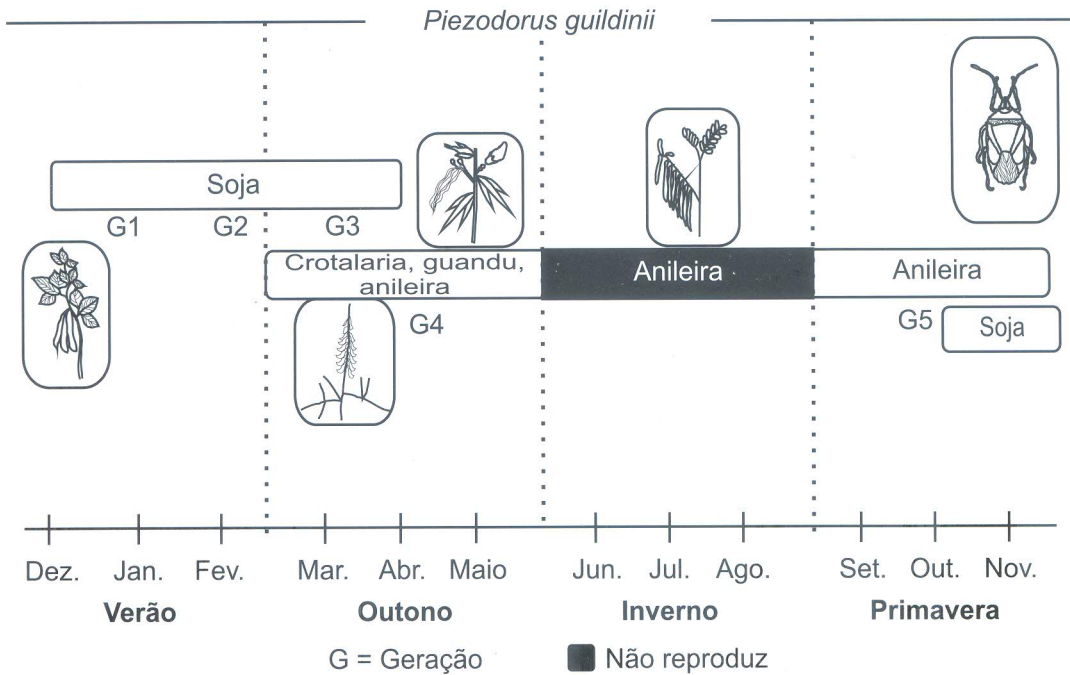


Fig. 7. Seqüência de plantas hospedeiras cultivadas e selvagens usadas por sucessivas gerações do percevejo-verde-pequeno, *Piezodorus guildinii*, no norte do Estado do Paraná (caixas em branco indicam ocorrência de reprodução).

Fonte: Panizzi, 1997.

hispidum. É interessante salientar que, nessa planta, esse típico sugador de sementes alimenta-se das hastes da planta (ver item O Papel das Plantas Hospedeiras Menos Preferidas). No outono, *E. heros* inicia a procura de abrigos sob a palhada, onde permanece até o próximo verão (Fig. 8). Durante esse tempo, o percevejo acumula lipídios e não se alimenta, permanecendo num estado de hibernação parcial (PANIZZI; NIVA, 1994; PANIZZI; HIROSE, 1995; PANIZZI; VIVAN, 1997). Apesar de completar menos gerações que as espécies anteriores, o percevejo-marrom é a espécie mais abundante, particularmente em regiões mais quentes. O longo tempo que passa em abrigos evita o ataque de inimigos naturais, aumentando a sua sobrevivência (PANIZZI; OLIVEIRA, 1999).

No estudo de seqüência de plantas hospedeiras usadas por percevejos é importante determinar quais plantas são utilizadas sucessivamente e quão adequadas elas são no desenvolvimento das ninfas e na reprodução dos adultos. Ao se fazer isso, identificam-se quais plantas são mais importantes na biologia dos insetos, e, em quais plantas os estudos devem se concentrar para a elaboração de táticas de manejo para mitigar o seu impacto nas culturas.

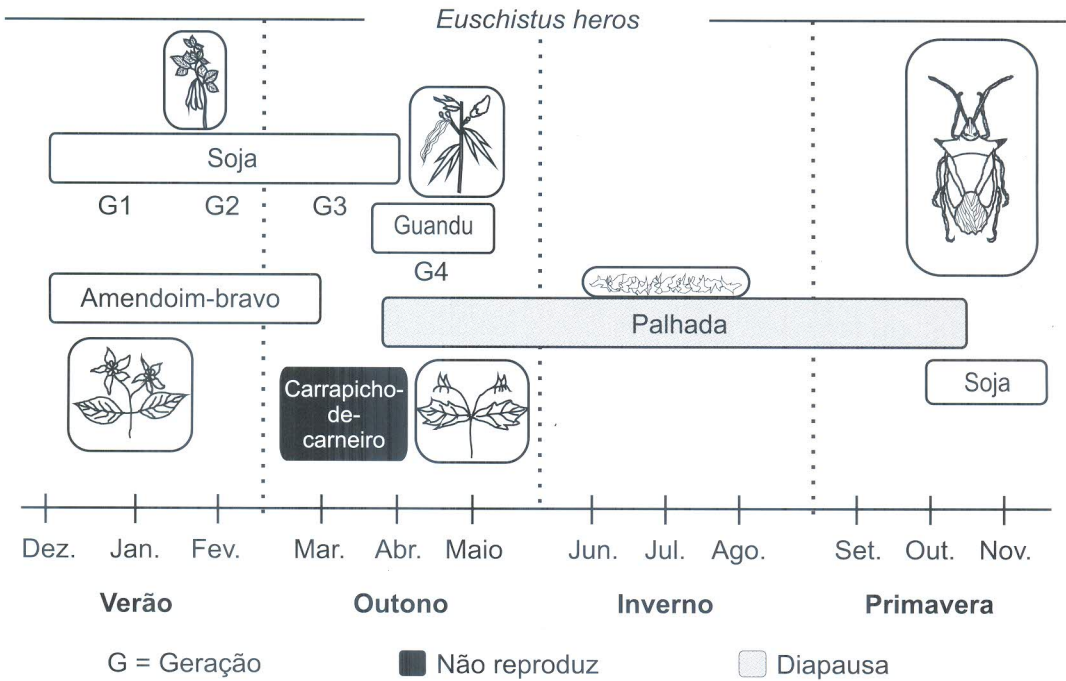


Fig. 8. Seqüência de plantas hospedeiras cultivadas e selvagens usadas por sucessivas gerações do percevejo-marrom, *Euschistus heros*, no norte do Estado do Paraná (caixas em branco indicam a ocorrência de reprodução).

Fonte: Panizzi (1997).

Populações locais de heterópteros com hábitos alimentares específicos

Em geral, os percevejos são polívoros, alimentando-se de uma ampla variedade de plantas de diferentes espécies e de diferentes famílias. Apesar dessa polifagia, os percevejos demonstram preferências por certos agrupamentos taxonômicos, tais como leguminosas e brassicáceas, como é o caso do percevejo-verde, *N. viridula* (TODD; HERZOG, 1980), leguminosas e solanáceas, como o percevejo *Edessa mediatubunda* (SILVA et al., 1968; LOPES et al., 1974), ou gramíneas em geral, como as espécies de *Aelia*, *Mormidea* e *Oebalus* (PANIZZI et al., 2000). Entretanto, populações de *N. viridula* no sul dos EUA se alimentam de gramíneas, tais como o milho (NEGRON; RILEY, 1987), o qual não tem sido relatado como uma planta hospedeira desse percevejo em nenhum outro lugar. Populações locais do percevejo-marrom-neotropical, *E. heros*, alimentam-se do amendoim-bravo, *E. heterophylla*, mas, em geral, essa planta não é explorada como fonte alimentar (PINTO; PANIZZI, 1994). Esses e outros exemplos demonstram que, dependendo do tempo de exposição a hospedeiros restritos e sua disponibilidade, espécies de percevejos polívoros podem atuar como monófagos ou oligófagos (FOX; MORROW, 1981).

Esse fenômeno de populações locais com hábitos alimentares específicos deixa clara a complexidade da biologia dos percevejos fitófagos. O que pode ser uma informação válida em um determinado local não se aplica em outro. Isso indica que, para serem planejadas táticas de manejo que envolvam a manipulação das plantas hospedeiras, os estudos devem ser feitos localmente. A seqüência de plantas hospedeiras usadas em cada local por cada espécie deve ser determinada e entendida completamente, considerando-se fatores bióticos tais como características de cada espécie de percevejo e de cada espécie de planta, e os fatores abióticos, como regime de chuvas, amplitude de temperaturas favoráveis que permitirão a reprodução, e fotoperíodo.

Manipulação de plantas hospedeiras preferenciais

Diversos estudos relativos ao uso de plantas preferidas como armadilhas como uma ferramenta para manejar espécies-praga (HOKKANEN, 1991) foram realizados. Vários estudos têm sido conduzidos, manipulando-se a fenologia das plantas, como é o caso dos percevejos que preferem se alimentar de plantas com vagens/sementes, em vez de plantas no período vegetativo (ver item Cultura-armadilha).

O fato de os percevejos, em geral, serem polí-fagos, faz com que a técnica da cultura-armadilha, em termos de atração por diferentes espécies vegetais, seja mais complicada. Apesar da polifagia, várias tentativas têm sido feitas para viabilizar o uso do conceito clássico de cultura-armadilha para manejar percevejos. Um dos primeiros trabalhos foi conduzido por Watson (1924), o qual se refere ao uso de leguminosas (*Crotalaria* sp.) para atrair populações do percevejo-verde, *N. viridula*, em plantações de citrus na Flórida, EUA. Os percevejos se concentraram sobre a leguminosa e foram eliminados antes de colonizarem as plantas de citrus. Ludwig e Kok (1998) avaliaram a técnica da cultura-armadilha para manejar populações do percevejo-harlequim, *Murgantia histrionica* (Hahn) (Pentatomidae), em brócolis.

Nos Trópicos, Jackai (1984) relatou a atração de caupi, *Vigna unguiculata*, para pentatomídeos, reduzindo o seu impacto em soja na África. Na Indonésia, o alidídeo *Riptortus linearis* (L.), também uma praga da soja, foi controlado com o emprego de *Sesbania rostrata* como cultura-armadilha (NAITO, 1996).

No Sul do Brasil, com propriedades agrícolas menores e maior diversificação de vegetação, existe bom potencial para o uso da técnica da cultura-armadilha para manejar percevejos-praga da soja. Por exemplo, a associação forte do percevejo-verde-pequeno, *P. guildinii*, com leguminosas selvagens do gênero *Indigofera* pode ser usada para concentrá-los em áreas restritas onde podem ser eliminados. De forma semelhante, o feijão-guandu, *Cajanus cajan*, o qual é utilizado como barreira viva contra o vento sobre curvas de nível ou terraços, pode ser usado como cultura-armadilha para essa e outras espécies de pentatomídeos como o *N. viridula* e o *E. heros*, e para o alidídeo, *Neomegalotomus parvus* (Westwood). Essa leguminosa produz vagens quase o ano todo no norte do Paraná, e é atrativo aos percevejos quando estes abandonam o seu hospedeiro preferido, a soja.

O papel das plantas hospedeiras menos preferidas

Em geral, durante a sua vida, os insetos deparam com fontes alimentares menos preferidas e precisam se adaptar a elas quando as fontes preferidas não estão disponíveis. Muitas espécies de percevejos passam somente um terço de sua vida sobre as culturas de primavera/verão, que são as suas preferidas. O resto do tempo eles ou se alimentam e se reproduzem sobre plantas hospedeiras alternativas, muitas delas de baixo valor nutricional, ou ocupam nichos para a passagem do inverno, mais ou menos inativos. Dessa forma, as plantas hospedeiras menos preferidas são geralmente pouco percebidas e o seu papel na história da vida dos percevejos é subestimado.

Embora os percevejos não se reproduzam sobre essas plantas, ou, ao menos, sobre algumas delas, de certa forma, elas fornecem nutrientes e, também, água. Entretanto, pelo fato de os percevejos não as utilizarem rotineiramente, às vezes, eles não são capazes de reconhecê-las como plantas tóxicas em potencial, apesar da sua polifagia e grande capacidade de suplantar a presença de aleloquímicos ou a falta de nutrientes essenciais.

Entre as plantas menos preferidas para os percevejos, algumas são cultivadas e outras são selvagens. Essa últimas, em geral, ocorrem próximas a campos cultivados, cujas plantas foram colhidas ou amadureceram. Em alguns casos, as ervas daninhas que permanecem verdes entre plantas cultivadas maduras são exploradas temporariamente como fonte de nutrientes e água. Essa situação é comum em áreas tropicais e subtropicais, onde a maioria dos percevejos permanecem ativos durante o ano todo, embora algumas espécies possam entrar em diapausa (quiescência) sob restos de culturas, tais como o percevejo-marrom, *E. heros* (PANIZZI; VIVAN, 1997).

Quando os percevejos fitófagos deparam com a escassez de plantas hospedeiras preferidas e as condições ambientais são favoráveis, isto é, a temperatura e a umidade relativa são relativamente altas e o fotoperíodo é adequado, os percevejos se alimentam e permanecem ativos sobre plantas hospedeiras menos preferidas. Entretanto, nessas plantas os percevejos não estão acostumados a se alimentar das sementes/frutos, ou essas plantas podem estar no período vegetativo, ou, ainda, elas podem produzir sementes/frutos inacessíveis aos percevejos (por exemplo, sementes protegidas pela parede das vagens espessas ou por espaço vazio). Se ocorrer uma ou mais dessas condições, os percevejos são forçados a trocar seus hábitos alimentares, explorando outras estruturas das plantas, normalmente não utilizadas como fonte de nutrientes.

Por exemplo, o percevejo-verde, *N. viridula*, pode se alimentar de plantas menos preferidas no norte do Paraná, tal como o carrapicho-de-carneiro, *Acanthospermum hispidum*. Nessa planta, a mortalidade das ninfas é muito alta em laboratório (no campo as ninfas nem mesmo se alimentam dela), e os adultos não se reproduzem, tendo uma longevidade reduzida; embora sendo um sugador de sementes, o percevejo-verde apresenta preferência por se alimentar das hastes dessa planta (PANIZZI; ROSSI, 1991).

As hastes possuem internamente um tecido aquoso, e, aparentemente, os percevejos conseguem detectar essa fonte de água abundante.

Em mamona, *Ricinus communis*, os últimos ínstars e adultos de *N. viridula* mostram um comportamento alimentar atípico, alimentando-se nas nervuras das folhas (PANIZZI, 2000). Os ovos não são depositados pelas fêmeas sobre as folhas, exceto, acidentalmente. Em trigo, *Triticum aestivum*, adultos de *N. viridula* têm sido observados alimentando-se de espigas durante invernos amenos, mas sem ovipositar nas plantas. Tentativas para criar ninfas em laboratório, usando espigas verdes ou sementes maduras, fracassaram.

N. viridula, embora extremamente polífago, não se reproduz em gramíneas. Há relatos do seu dano em milho e trigo no Brasil (MAIA, 1973; GASSEN, 1984), e nos EUA (VIATOR et al., 1983; NEGRON; RILEY, 1987). Entretanto, esses são casos de populações locais que desenvolveram hábitos alimentares específicos, como o discutido previamente no item Populações Locais de Heterópteros com Hábitos Alimentares Específicos. No norte do Paraná, *N. viridula* pode eventualmente se alimentar de milho, mas nas hastes ou em plântulas de milho cultivado em semeadura direta, e não nas espigas. Os percevejos que permanecem em áreas com ervas daninhas ou plantas cultivadas “voluntárias”, podem se alimentar de plântulas de milho cultivadas nessas áreas. Entretanto, esses eventos são raros. Outras espécies de percevejos também se alimentam de plantas menos preferidas. Por exemplo, o percevejo-marrom, *E. heros*, um típico sugador de sementes, freqüentemente alimenta-se de hastes do carrapicho-de-carneiro (PANIZZI, 2000).

O pentatomídeo *Dichelops melacanthus* (Dallas), previamente relatado como uma praga da soja alimentando-se das vagens (GALILEO et al., 1977), tem sido observado alimentando-se de milho e de trigo (CHOCOROSQUI; PANIZZI, 2001, 2004). Essa troca nos hábitos alimentares, de estruturas reprodutivas de plantas mais preferidas, tais como a soja, para tecidos vegetativos de plantas menos preferidas (gramíneas), é atribuída à baixa disponibilidade de hospedeiros preferidos. Após a colheita da soja, *D. melacanthus* permanece no solo sob restos culturais, alimentando-se de plantas de milho e trigo cultivadas em sistema de semeadura direta. Nessas áreas, os percevejos encontram abrigo (palhada) e alimento (sementes maduras caídas no solo) e conseguem sobreviver, diferentemente do que ocorre em áreas sob cultivo convencional, onde os percevejos são deslocados dos abrigos e mortos pela aração.

Uma situação semelhante ocorre com o percevejo alidídeo *Neomegalotomus parvus* Westwood, um típico sugador de sementes maduras de leguminosas. Em áreas sob semeadura direta, esse percevejo permanece no solo alimentando-se de sementes maduras, complementando sua dieta por explorar plântulas de soja (PANIZZI; CHOCOROSQUI, 1999).

Em conclusão, apesar de muitos dos aspectos da biologia dos percevejos terem sido investigados, talvez, o menos compreendido é o que se refere à importância e ao papel das plantas hospedeiras menos preferidas (PANIZZI, 2000). Para o

desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas mais abrangentes (holísticos) e eficientes, atenção maior deve ser dedicada a esse assunto.

O manejo de heterópteros em nichos da entressafra

Após colonizar as culturas de primavera-verão, os percevejos dispersam para locais de hibernação ou, nos Trópicos, para plantas hospedeiras alternativas. Em geral, os percevejos começam a se dispersar mesmo antes que a cultura em que estão se alimentando complete a maturação. Por exemplo, pentatomídeos que se alimentam da soja iniciam o processo de deixar a cultura após atingir o pico populacional durante o período em que as plantas iniciam a senescência. Esse processo de abandonar a cultura se intensifica à medida que as plantas secam e amadurecem (Fig. 9).

Geralmente, após abandonar as culturas de verão, os percevejos se alimentam de plantas hospedeiras alternativas e podem completar mais uma geração, antes de se deslocarem para os nichos de hibernação, ou, podem, ainda, continuar a se reproduzir nessas plantas alternativas. Isso irá depender não apenas da favorabilidade dos fatores abióticos, como a temperatura e o fotoperíodo, mas também da capacidade de certas espécies se reproduzirem nos hospedeiros alternativos. Esses percevejos abandonam os nichos de diapausa ou hospedeiros alternativos para iniciar a colonização de hospedeiros preferenciais de primavera/verão, tais como a soja. Em soja, a colonização se inicia ainda no período vegetativo (V0–Vn), aumenta no período reprodutivo, durante a floração e início do desenvolvimento das vagens (R1–R3), e a população aumenta

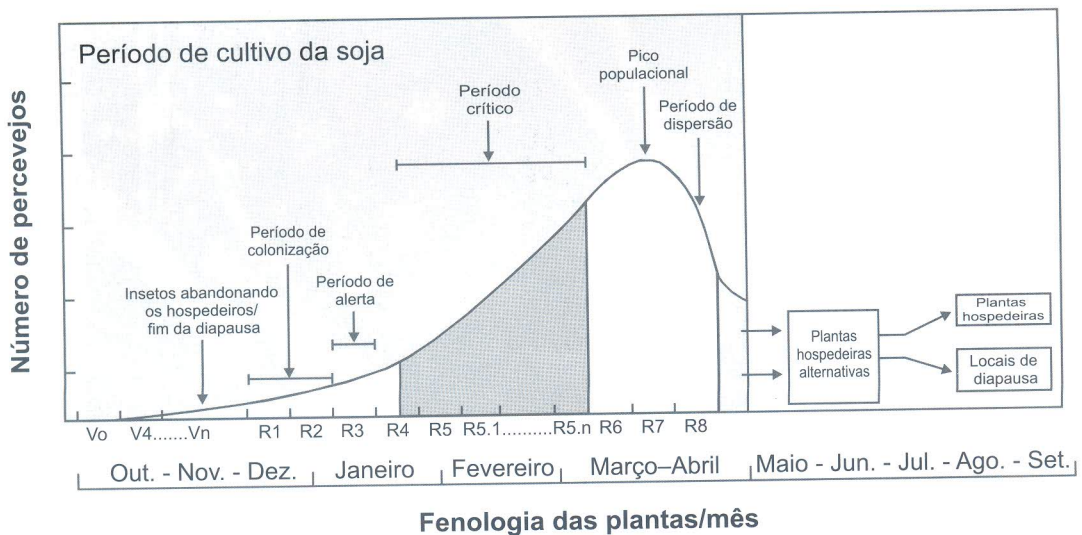


Fig. 9. Representação esquemática da fenologia da população dos percevejos sobre a sua planta hospedeira preferencial – a soja, e dispersão da população para plantas hospedeiras alternativas ou nichos de passagem de inverno.

Fonte: Corrêa-Ferreira e Panizzi (1999).

até alcançar o chamado período crítico no enchimento de vagens (R4 – R5.n); nesse estágio, o dano à cultura é crucial. No final do período de enchimento (R6), os percevejos atingem o pico populacional, e o processo de dispersão inicia-se novamente (Fig. 9).

O manejo dos restos culturais

O manejo dos restos de cultura com a finalidade de mitigar o impacto das pragas está crescendo em importância à medida que os sistemas de semeadura direta estão aumentando em diversas regiões do mundo. Esses sistemas fornecem condições favoráveis para insetos que habitam o solo ou que vivem sob os restos culturais.

Ao menos três espécies de percevejos têm se favorecido do sistema de semeadura direta: o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (F.), o percevejo-barriga-verde, *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Pentatomidae), e o percevejo-castanho-da-raiz, *Scaptocoris castanea* Perty (Cydnidae).

E. heros, em razão de seu hábito de se esconder embaixo de restos culturais durante mais de seis meses do ano, particularmente durante o outono–inverno e início da primavera (PANIZZI; VIVAN, 1997) tem aumentado em abundância de forma acentuada (Fig.10). Considerado uma praga secundária nos anos 1970, hoje é o percevejo mais abundante em soja no Brasil.

Foto: Antônio R. Panizzi

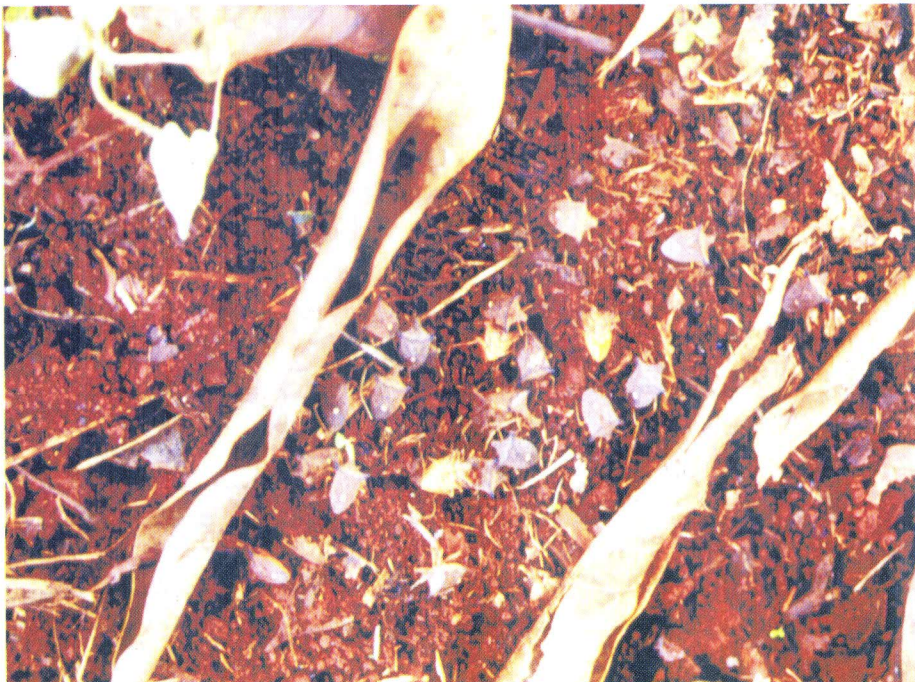


Fig. 10. Exemplos do percevejo-marrom, *Euschistus heros*, em nichos de passagem de inverno, sob restos culturais (palhada).

Fonte: Panizzi e Vivan (1997).

D. melacanthus também aumentou sua abundância em decorrência do aumento do sistema de semeadura direta. Outrora considerado praga secundária da soja, juntamente com *Dichelops furcatus*, *D. melacanthus* são hoje consideradas pragas séria do milho e do trigo. Também permanece no solo em hibernação parcial (oligopausa ou quiescência), e, quando o milho ou trigo são semeados diretamente sobre os restos de cultura durante o outono, no Sul do Brasil, ele ataca as plântulas que sofrem danos severos (CHOCOROSQUI; PANIZZI, 2001, 2004). Danos semelhantes por percevejos em plântulas de milho têm sido relatados nos EUA (SEDLACEK; TOWNSEND, 1988; APRYANTO et al., 1989).

A terceira espécie, *S. castanea*, ataca as raízes de muitas plantas de importância econômica, tais como o milho, o algodão, o arroz, o amendoim, a cana-de-açúcar, a batata, a ervilha, o tomate e o pimentão, bem como várias plantas selvagens não cultivadas na Região Neotropical. Também pode ser devastador à cultura da soja (LIS et al., 2000). Como se alimenta das raízes, permanece a maior parte do tempo enterrado.

No controle dessas três espécies e outras que vivem parte de sua vida no solo, o manejo dos restos culturais é imprescindível e a eventual aração e queima dos resíduos são recomendadas.

O monitoramento de heterópteros em nichos da entressafra

Talvez um dos passos mais importantes para implementar sistemas de manejo integrado de pragas holísticos seja monitorar os nichos de entressafras e plantas hospedeiras para determinar a abundância das populações das pragas e o provável tempo de invasão das culturas. Esse passo preventivo é, geralmente, desconsiderado, e sua importância, subestimada.

Como pode alguém estimar a intensidade dos percevejos que irão colonizar um campo de soja por meio do monitoramento das populações no período de entressafra? Isso irá depender de uma série de fatores. Por exemplo, temperatura e umidade são muito importantes. Se, após a colheita da soja, a temperatura cair abaixo de 5 °C durante o outono/inverno e permanecer baixa por certo período, alta mortalidade de percevejos será esperada. De forma semelhante, se a chuva forte precede o período de cultivo, a população de percevejos no solo, sob resíduos, ou em plantas hospedeiras alternativas será afetada. Esse dois fatores reduzem o impacto dos percevejos na safra subsequente.

Outro fator importante que influencia a dinâmica das populações de percevejos nas entressafras é o sistema de cultivo. Como mencionado anteriormente, a semeadura direta ou cultivo mínimo pode promover o aumento das populações, particularmente de *E. heros* e de *D. melacanthus*. A aração elimina uma grande parte da população dessas espécies.

Finalmente, a presença de determinadas plantas hospedeiras pode permitir a previsão de quais espécies de percevejos irão prevalecer na safra seguinte. Por exemplo, a presença de anileiras (*Indigofera* spp.) aumenta a ocorrência do percevejo-verde-pequeno, *P. guildinii*. Da mesma forma, a erva daninha rubim, *Leonurus sibiricus*, que cresce antes da soja na primavera, é hospedeira do percevejo-verde, *N. viridula*, permitindo a sua reprodução e, em conseqüência, o seu aumento populacional. Esses e outros exemplos demonstram que é possível, em certo grau, prever quali e quantitativamente as populações de percevejos que irão colonizar a soja.

Considerações finais

Como mencionado no início desse capítulo, a pesquisa em bioecologia e nutrição de insetos, ou, mais especificamente, em ecologia nutricional de insetos, tem se concentrado mais nos aspectos básicos, relacionados às características dos alimentos, à sua ingestão e utilização e às suas conseqüências para a sua performance. No campo mais aplicado, como suporte para programas de manejo integrado de pragas, essa área da Entomologia tem sido pouco considerada. Uma exceção é o artigo de Slansky Junior (1990), que relaciona a área básica com a resistência de plantas a insetos.

Várias décadas passadas, durante os anos de 1960 e 1970, muitos autores, ao discutir estratégias para o manejo integrado de pragas, consideravam aspectos da bioecologia e da nutrição num contexto mais amplo (PANIZZI; PARRA, 1991). Hoje, após mais de 30 anos, essas estratégias de manejo baseadas na alimentação e na nutrição dos insetos, como a resistência de plantas, culturas-armadilha, policultivos e uso de aleloquímicos, permanecem como um desafio a ser plenamente implementado em programas de MIP.

À medida que novas áreas em biologia ganham *momentum*, como o desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas com resistência a insetos, a bioecologia e a nutrição dos insetos tornam-se áreas muito importantes de pesquisa em Entomologia, agora em um contexto mais aplicado. Essas cultivares resistentes estão sendo amplamente adotadas pelos agricultores no mundo todo e, certamente, irão impactar os insetos-praga, causando mudanças dramáticas, tanto desejáveis como indesejáveis (FONTES et al., 2002). Muitas questões surgirão, principalmente relacionadas à forma como essas cultivares irão se encaixar nos modelos atuais de MIP. Claramente, muita pesquisa será necessária para mudar os programas tradicionais de MIP, a fim de acomodar essa nova ferramenta tecnológica.

Em conclusão, é razoável assumir que, à medida que se desenvolvem novos programas de MIP, mais eficientes e mais ecológicos, as táticas que consideram as interações dos insetos com seu alimento irão desempenhar papel crescente para alcançar os objetivos desejados.

Referências

- AHMAD, S. **Herbivorous insects**: Host-seeking behaviour and mechanisms. New York: Academic, 1983. 257 p.
- ALTIERI, M. A. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. New York: Food Products, 1994.
- ALTIERI, M. A.; LETOURNEAU, D. L. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 2, p. 131-169, 1984.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Biodiversity, ecosystem function, and insect pest management in agricultural systems. In: COLLINS, W. W.; QUALSET, C. O. (Ed.). **Biodiversity in agroecosystems**. Boca Raton: CRC, 1999. p. 69-84.
- ANDOW, D. A. Vegetational diversity and arthropod population response. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 561-586, 1991.
- APRYANTO, D.; TOWNSEND, L. H.; SEDLACEK, J. D. Yield reduction from feeding by *Euschistus servus* and *E. variolarius* (Heteroptera: Pentatomidae) on stage V2 field corn. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, p. 445-448, 1989.
- BERNAYS, E. A. **Insect-plant interactions**. Boca Raton: CRC, 1989-1994. 5 v.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman and Hall, 1994. 312 p.
- BOETHEL, D. J. Assessment of soybean germplasm for multiple insect resistance. In: CLEMENT, S. L.; QUISENBERRY, S. S. (Ed.). **Global plant genetic resources for insect-resistant crops**. Boca Raton: CRC, 1999. p. 101-129.
- BORDEN, J. H. Allelochemicals. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of pest management**. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 14-17.
- BRACKENBURY, J. **Insects and flowers**: A biological partnership. London: Cassell Brandford, 1995.
- CARPENTER, J.; FELSOT, A.; GOODE, T.; HAMMING, M.; ONSTAD, D.; SANKULA, S. **Comparative environmental impacts of biotechnology-derived and traditional soybean, corn, and cotton crops**. Ames: Council for Agricultural Science and Technology, 2002. 189 p.
- CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Evolução dos danos causados por *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) a plântulas de milho e trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19., 2001, Manaus. **Resumos...** Manaus: INPA, 2002. p. 276.
- CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Impact of cultivation systems on *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) population and damage, and its chemical control on wheat. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, p. 487-492, 2004.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S. Liberação do parasitóide *Trissolcus basalís* em cultivar armadilha e seu efeito na população de percevejos da soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1985/86**. Londrina, 1987. p. 142-143. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 20).
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1999. 45 p. (Circular Técnica, 24).

- CORSO, I. C. Atratividade do sal de cozinha para espécimes de *Nezara viridula* (L., 1758). In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1988/89**. Londrina, 1989. p. 78-79. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 43).
- CORSO, I. C. **Uso de sal de cozinha na redução da dose de inseticida para controle de percevejos da soja**. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 1990. p. 1-7. (Comunicado Técnico, 45).
- CRAWLEY, M. J. **The herbivory**: The dynamics of animal-plant interactions. Berkeley: University of California, 1983. 437 p.
- EDWARDS, P. J.; WRATTEN, S. D. **Ecology of insect-plant interactions**. London: Edward Arnold, 1980. 60 p.
- ERLICH, P. R.; RAVEN, P. H. Butterflies and plants: A study in coevolution. **Evolution**, Lancaster, v. 18, p. 586-608, 1964.
- FLINT, M. L.; GOUVEIA, P. **IPM in practice**: Principles and methods of integrated pest management. Oakland: University of California, 2001. 296 p.
- FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R.; PANIZZI, A. R. The environmental effects of genetically modified crops resistant to insects. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, p. 497-513, 2002.
- FOX, L. R. Defense and dynamics in plant-herbivore systems. **American Zoologist**, New York, v. 21, p. 853-864, 1981.
- FOX, L. R.; MORROW, P. A. Specialization: species property of local phenomenon? **Science**, New York, v. 211, p. 887-893, 1981.
- FUTUYMA, D. J. Evolutionary interactions among herbivorous insects and plants. In: FUTUYMA, D. G.; SLATKIN, M. (Ed.). **Coevolution**. Sunderland: Sinauer, 1983. p. 207-231.
- GALILEO, M. H. M.; GASTAL, H. A. O.; GRAZIA, J. Levantamento populacional de Pentatomidae (Hemiptera) em cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) no município de Guaíba, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 37, p. 111-120, 1977.
- GASSEN, D. N. **Insetos associados à cultura do trigo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1984. 39 p. (Boletim Técnico, 3).
- GATEHOUSE, J. A.; GATEHOUSE, A. M. R. Genetic engineering of plants for insect resistance. In: RECHCIGL, J. E.; RECHCIGL, N. A. (Ed.). **Biological and biotechnological control of insect pests**. Boca Raton: Lewis, 2000. p. 211-241.
- GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. Terpenoids. In: ROSENTHAL, G. A.; BERENBAUM, M. R. (Ed.). **Herbivores**: Their interactions with secondary plant metabolites. San Diego: Academic, 1991. p. 165-219.
- GILMAN, D. F.; MCPHERSON, R. M.; NEWSOM, L. D.; HERZOG, D. C.; JENSEN, R. L.; WILLIAMS, C. L. Resistance in soybeans to the southern green stink bug. **Crop Science**, Madison, v. 22, p. 573-576, 1982.
- GÓMEZ, D. R. S.; TAKACHI, C. Y.; MOSCARDI, F. Determinação de sinergismo e susceptibilidade diferencial de *Nezara viridula* (L.) e *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) a inseticidas em mistura com cloreto de sódio. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 22, p. 569-576, 1993.
- HOKKANEN, H. M. T. Trap cropping in pest management. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 119-138, 1991.

- HORN, D. J. Ecological aspects of pest management. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of pest management**. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 211-213.
- ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 51, p. 45-66, 2006.
- JACKAI, L. E. N. Using trap plants in the control of insect pests of tropical legumes. In: INTERNATIONAL WORKSHOP IN INTEGRATED PEST CONTROL OF GRAIN LEGUMES, 1983, Goiânia. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa-DDT, 1984. p. 101-112.
- JAMES, C. A. **Global review of commercialized transgenic crops, 2001**. Ithaca: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2001. (ISAAA Briefs Number, 24).
- JANZEN, D. H. When is it coevolution? **Evolution**, Lancaster, v. 84, p. 611-612, 1980.
- JERMY, T. Evolution of insect/host plant relationships. **The American Naturalist**, Chicago, v. 124, p. 609-630, 1984.
- JOLIVET, P. **Interrelationship between insects and plants**. Boca Raton: CRC, 1998. 309 p.
- JONES JUNIOR, W. A. **The distribution and ecology of pentatomid pests of soybeans in South Carolina**. 1979. 114 f. Thesis (Ph.D.) - Clemson University, Clemson, SC.
- JONES JUNIOR, W. A.; SULLIVAN, M. J. Overwintering habitats, spring emergence patterns, and winter mortality of some South Carolina Hemiptera. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 10, p. 409-414, 1981.
- JONES JUNIOR, W. A.; SULLIVAN, M. J. Role of host plants in population dynamics of stink bug pests of soybean in South Carolina Hemiptera. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 11, p. 867-875, 1982.
- JONES JUNIOR, W. A.; SULLIVAN, M. J. Soybean resistance to the southern green stink bug, *Nezara viridula*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 72, p. 628-632, 1979.
- JONES JUNIOR, W. A.; SULLIVAN, M. J. Susceptibility of certain soybean cultivars to damage by stink bugs. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 71, p. 534-536, 1978.
- KARBAN, R.; BALDWIN, I. T. **Induced responses to herbivory**. Chicago: University of Chicago, 1997.
- KESTER, K. M.; SMITH, C. M.; GILMAN, D. F. Mechanisms of resistance in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] genotype PI 171444 to the southern green stink bug *Nezara viridula* (L.). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 13, p. 1208-1215, 1984.
- KIRITANI, K.; HOKYO, N.; KIMURA, K.; NAKASUJI, F. Imaginal dispersal of the southern green stink bug, *Nezara viridula* L., in relation to feeding and oviposition. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 9, p. 291-297, 1965.
- KOBAYASHI, T.; COSENZA, G. W. Integrated control of soybean stink bugs in the Cerrados. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tokyo, v. 20, p. 229-236, 1987.
- KOGAN, M. **Ecological theory and integrated pest management practice**. New York: J. Wiley, 1986a. 362 p.
- KOGAN, M. Plant defense strategies and host-plant resistance. In: KOGAN, M. (Ed.). **Ecological theory and integrated pest management practice**. New York: J. Wiley, 1986b. p. 83-134.
- KOGAN, M.; JEPSON, P. **Perspectives in ecological theory and integrated pest management**. Oxford: Cambridge University, 2007. 588 p.

KOGAN, M.; TURNIPSEED, S. G. Ecology and management of soybean arthropods. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 32, p. 507-538, 1987.

KOUL, O. **Insect antifeedants**. Boca Raton: CRC, 2006. 1024 p.

LINK, D.; ESTEFANEL, V.; SANTOS, O. S. Danos causados por percevejos fitófagos em grãos de soja. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 1, p. 9-13, 1971.

LINK, D.; ESTEFANEL, V.; SANTOS, O. S.; MEZZOMO, M. C.; ABREU, L. E. V. Influência do ataque de pentatomídeos nas características agrônômicas do grão de soja, *Glycine max* (L.) Mer. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Itabuna, v. 2, p. 59-65, 1973.

LIS, J. A.; BECKER, M.; SCHAEFER, C. W. Burrower bugs (Cydnidae). In: SCHAEFER, C. W.; PANIZZI, A. R. (Ed.). **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC, 2000. p. 405-419.

LOPES, O. J.; LINK, D.; BASSO, I. V. Pentatomídeos de Santa Maria: lista preliminar de plantas hospedeiras. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 4, p. 317-322, 1974.

LOURENÇÃO, A. L.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C.; RECO, P. C.; FUGI, C. G. Q.; PEREIRA, J. C. V. N. A. Avaliação de danos de insetos e de severidade de oídio em genótipos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 423-433, 2005.

LOURENÇÃO, A. L.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C.; VALLE, G. E.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; RECO, P. C. Avaliação de danos de percevejos e de desfolhadores em genótipos de soja de ciclos precoce, semiprecoce e médio. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, p. 623-630, 2002.

LOURENÇÃO, A. L.; MIRANDA, M. A. C.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B. Resistência de soja a insetos X: comportamento de cultivares e linhagens em relação a percevejos e desfolhadores. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, p. 543-550, 1997.

LOURENÇÃO, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; MIRANDA, M. A. C.; AMBROSANO, G. M. B. Danos de percevejos e de lagartas em cultivares e linhagens de soja de ciclos médio e semi-tardio. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 128, p. 157-167, 1999.

LOURENÇÃO, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; MIRANDA, M. A. C.; AMBROSANO, G. M. B. Avaliação de danos causados por percevejos e por lagartas em genótipos de soja de ciclos precoce e semiprecoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 879-886, 2000.

LUDWIG, S. W.; KOK, L. T. Evaluation of trap crops to manage harlequin bugs, *Murgantia histrionica* (Hahn) (Hemiptera: Pentatomidae) on broccoli. **Crop Protection**, Guildford, v. 17, p. 123-128, 1998.

MAIA, N. G. Ocorrência do percevejo da soja: *Nezara viridula* (L.) em espigas de trigo no Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v. 9, p. 241-243, 1973.

MCPHERSON, R. M. **Population dynamics and damage evaluations of four stink bug species of three genera affecting quality and yield of soybean in Louisiana**, 1978. 112 f. Dissertation (Ph. D.) - Louisiana State University, Baton Rouge.

MCPHERSON, R. M.; NEWSOM, L. D. Trap crops for control of stink bugs in soybean. **Journal of the Georgia Entomological Society**, Athens, v. 19, p. 470-480, 1984.

MINER, F. D. Biology and control of stink bugs on soybeans. **Agricultural Experiment Station Bulletin**, Fayetteville, v. 708, p. 1-40, 1966.

MITCHELL, P. L.; THIELEN, J. B.; STELL, F. M.; FESCEMYER, H. W. Activity of *Melia volkensii* (Meliaceae) extract against southern green stink bug (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae). **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, South Carolina, v. 21, p. 131-141, 2004.

- MOELLER, B. L.; SEIGLER, D. S. Biosynthesis of cyanogenic glycosides, cyanolipids, and related compounds. In: SINGH, B. J. (Ed.). **Plant amino acids**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 563-609.
- NAITO, A. Insect pest control through use of trap crops. **Agrochemicals Japan**, Tokyo, v. 68, p. 9-11, 1996.
- NEGRON, J. F.; RILEY, T. J. Southern green stink bug, *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) feeding on corn. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 80, p. 666-669, 1987.
- NEWSOM, L. D.; HERZOG, D. C. Trap crops for control of soybean pests. **Louisiana Agriculture**, Louisiana, v. 20, p. 14-15, 1977.
- NIVA, C. C.; PANIZZI, A. R. Efeitos do cloreto de sódio no comportamento de *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) em vagem de soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, p. 251-257, 1996.
- NORRIS, R. F.; CASWELL-CHEN, E. P.; KOGAN, M. **Concepts in integrated pest management**. Upper Sadle River: Prentice Hall, 2003. 586 p.
- OWINO, P.O. Antagonistic plants. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of pest management**. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 21-23.
- PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants**. London: University of Kansas, 1951. 520 p.
- PANIZZI, A. R. Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, p. 1-12, 2000.
- PANIZZI, A. R. Uso de cultivar armadilha no controle de percevejos em soja. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, v. 47, p. 11-14, 1980.
- PANIZZI, A. R. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 42, p. 99-122, 1997.
- PANIZZI, A. R.; CHOCOROSQUI, V. R. Pragas: elas vieram com tudo. **Cultivar**, Pelotas, v. 11, p. 8-10, 1999. (Boletim Técnico, 1).
- PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Dynamics in the insect fauna adaptation to soybean in the tropics. **Trends in Entomology**, Trivandrum, v. 1, p. 71-88, 1997.
- PANIZZI, A. R.; HIROSE, E. Seasonal body weight, lipid content, and impact of starvation and water stress on adult survivorship and longevity of *Nezara viridula* and *Euschistus heros*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 76, p. 247-253, 1995.
- PANIZZI, A. R.; MCPHERSON, J. E.; JAMES, D. G.; JAVAHERY, M.; MCPHERSON, R. M. Economic importance of stink bugs (Pentatomidae). In: SCHAEFER, C. W.; PANIZZI, A. R. (Ed.). **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC, 2000. p. 421-474.
- PANIZZI, A. R.; NIVA, C. C. Overwintering strategy of the brown stink bug in northern Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, p. 509-511, 1994.
- PANIZZI, A. R.; OLIVEIRA, E. D. M. Seasonal occurrence of tachinid parasitism on stink bugs with different overwintering strategies. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, p. 169-172, 1999.
- PANIZZI, A. R.; OLIVEIRA, N. Atração do cloreto de sódio (sal de cozinha) aos percevejos-pragas da soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1989/90**. Londrina, 1993. p. 71-76. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 58).

- PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. A ecologia nutricional e o manejo integrado de pragas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. p. 313-336.
- PANIZZI, A. R.; ROSSI, C. E. The role of *Acanthospermum hispidum* in the phenology of *Euschistus heros* and of *Nezara viridula*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 59, p. 67-74, 1991.
- PANIZZI, A. R.; VIVAN, L. M. Seasonal abundance of the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* in overwintering sites and the breaking of dormancy. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 82, p. 213-217, 1997.
- PANIZZI, M. C. C.; BAYS, I. A.; KIIHL, R. A. S.; PORTO, M. P. Identificação de genótipos fontes de resistência a percevejos-pragas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, p. 33-37, 1981.
- PEDIGO, L. P. (Ed.). **Entomology and pest management**. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 742 p.
- PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of pest management in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1981. 2 v.
- PIMENTEL, D. **Encyclopedia of pest management**. New York: Marcel Dekker, 2002. 929 p.
- PINTO, S. B.; PANIZZI, A. R. Performance of nymphal and adult *Euschistus heros* (F.) on milkweed and on soybean and effect of food switch on adult survivorship, reproduction and weight gain. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 23, p. 549-555, 1994.
- RAGSDALE, D. W.; LARSON, A. D.; NEWSOM, L. D. Quantitative assessment of the predators of *Nezara viridula* eggs and nymphs within a soybean agroecosystem using an ELISA. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 10, p. 402-405, 1981.
- RECHCIGL, J. E.; RECHCIGL, N. A. (Ed.). **Insect pest management: Techniques for environmental protection**. Boca Raton: Lewis, 2000. 392 p.
- ROSSETTO, C. J. Breeding for resistance to stink bugs. In: PASCALE, A. J. (Ed.). **Proceedings of the world soybean research conference IV**. Buenos Aires: Impresiones Amawald S.A., 1989. v. 4, p. 2046-2060.
- SCHAEFER, C. W.; PANIZZI, A. R. **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC, 2000. 856 p.
- SEDLACEK, J. D.; TOWNSEND, L. H. Impact of *Euschistus servus* and *E. variolarius* (Heteroptera: Pentatomidae) feeding on early growth stages of corn. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 81, p. 840-844, 1988.
- SEIGLER, D. S. Toxins in plants. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of pest management**. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 840-842.
- SEYMOUR, J.; BOWMAN, G.; CROUCH, M. Effects of neem seed extract on feeding frequency of *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae) on pecan nuts. **Journal of the Australian Entomological Society**, Canberra, v. 34, p. 221-223, 1995.
- SHELTON, A. M.; ZHAO, J. Z.; ROUSH, R. T. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, p. 845-881, 2002.

SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitas e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. v. 1, pt. 2, 622 p.

SINGH, Z. **Bionomics of the southern green stink bug, *Nezara viridula* (Linn.) (Hemiptera: Pentatomidae) in Central India**. 1972. 136 p. Thesis (Ph. D.) - Univ. Illinois, Urbana-Champaign.

SLANSKY JUNIOR, F. Insect nutritional ecology as a basis for studying host plant resistance. **The Florida Entomologist**, Lutz, v. 73, p. 359-378, 1990.

SLANSKY JUNIOR, F.; RODRIGUEZ, J. G. Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. In: SLANSKY JUNIOR, F.; RODRIGUEZ, J. G. (Ed.). **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates**. New York: J. Wiley, 1987a. p. 1-69.

SLANSKY JUNIOR, F.; RODRIGUEZ, J. G. **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates**. New York: J. Wiley, 1987b. 1016 p.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; TAKACHI, C. Y.; MOSCARDI, F. Determinação de sinergismo e suscetibilidade diferencial de *Nezara viridula* (L.) e *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) a inseticidas em mistura com cloreto de sódio. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 22, p. 569-576, 1993.

SOUTHWOOD, T. R. E.; WAY, M. J. Ecological background to pest management. In: RABB, R. L.; GUTHRIE, F. E. (Ed.). **Concepts of pest management**. Raleigh: North Carolina State University, 1970. p. 6-29.

STRONG, D. R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, T. R. E. **Insects on plants: Community patterns and mechanisms**. Cambridge: Harvard University, 1984. 313 p.

TODD, J. W.; HERZOG, D. C. Sampling phytophagous pentatomidae on soybean. In: KOGAN, M.; HERZOG, D. C. (Ed.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag, 1980. p. 438-478.

TURNIPSEED, S. G.; SULLIVAN, M. J. Plant resistance in soybean insect management. In: HILL, L. D. (Ed.). **Proceedings of the world soybean research conference I**. Urbana-Champaign: Interstate, 1975. v. 1, p. 549-560.

VAN EMDEN, H. F. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 17, p. 121-126, 1965.

VANDERMEER, J. The ecological basis of alternative agriculture. **Annual Review of Ecology and Systematic**, Palo Alto, v. 26, p. 201-224, 1995.

VELASCO, L. R. I.; WALTER, G. H.; HARRIS, V. E. Voltinism and host plant use by *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) in Southeastern Queensland. **Journal of the Australian Entomological Society**, Brisbane, v. 34, p. 193-203, 1995.

VIATOR, H. P.; PANTOJA, A.; SMITH, C. M. Damage to wheat seed quality and yield by the rice stink bug and southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 76, p. 1410-1413, 1983.

WATSON, J. R. *Crotalaria* as a trap crop for pumpkin bugs in citrus groves. **Florida Growing**, Tampa, v. 29, p. 6-7, 1924.