

INFORME

v. 30 - n. 251 - jul./ago. 2009 ISSN 0100-3364

AGROPECUÁRIO



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

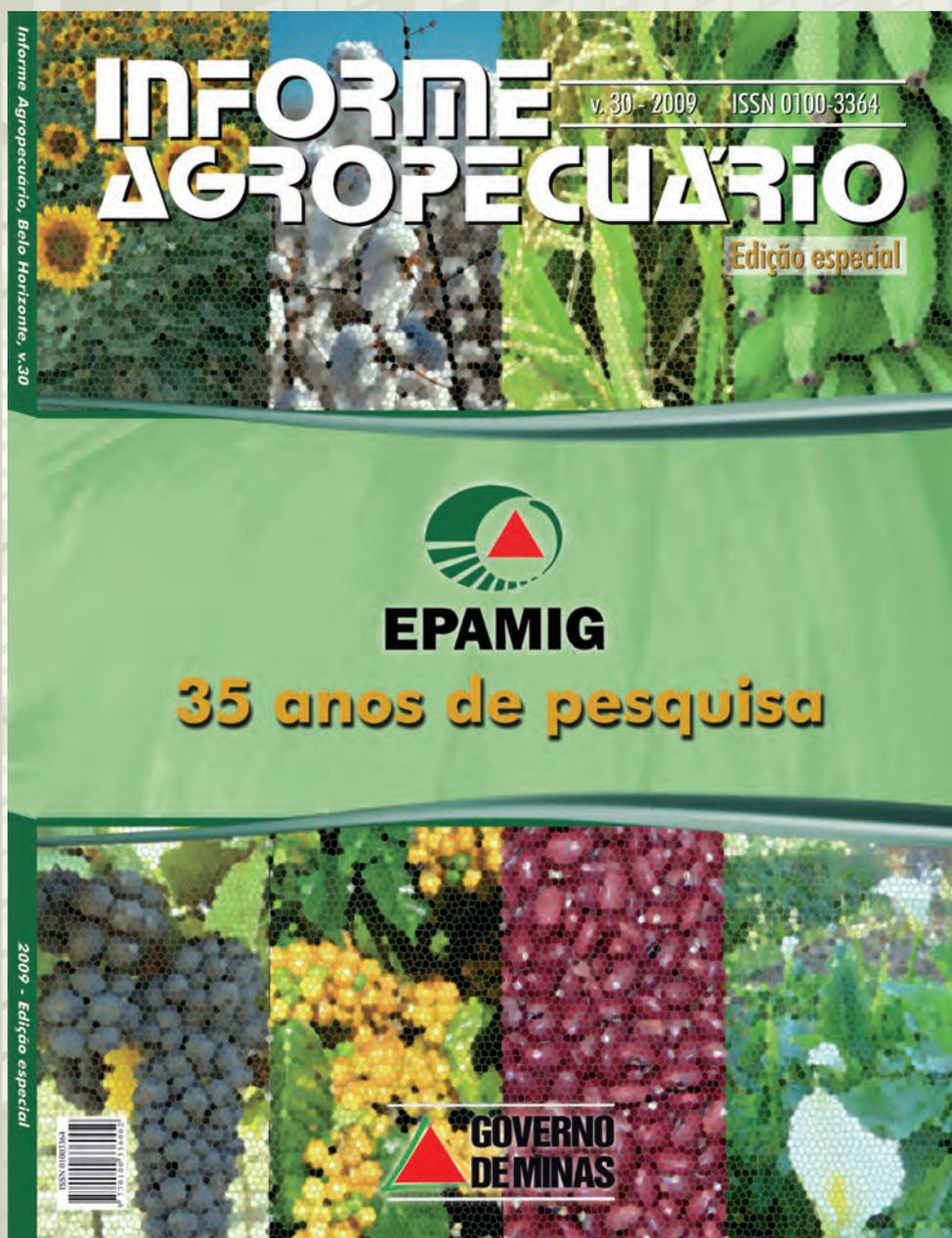
**Controle biológico de pragas,
doenças e plantas invasoras**



**GOVERNO
DE MINAS**

Informe Agropecuário tem edição especial pelos 35 anos da EPAMIG

Esta edição especial comemorativa dos 35 anos da EPAMIG faz um resgate de parte importante da história da pesquisa agropecuária mineira, com enfoque na transferência e difusão dos resultados apresentados pela Empresa ao longo desses anos. São 17 artigos sobre culturas e atividades estratégicas para o estado de Minas Gerais, nas quais a pesquisa exerceu importante papel como agente de transformação de técnicas, processos e manejos, por meio de tecnologias capazes de gerar benefícios a toda sociedade.



Informações:
(31) 3489-5002
publicacao@epamig.br


EPAMIG
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento


**GOVERNO
DE MINAS**



Apresentação

Esta edição do Informe Agropecuário trata do controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras, refletindo a demanda crescente da sociedade pela substituição de agrotóxicos por alternativas eficientes, capazes de promover a produção sustentável de alimentos de qualidade.

Geralmente, este assunto é discutido separadamente em publicações específicas sobre pragas, doenças ou invasoras, ou relacionado com determinadas culturas agrícolas. Isto limita o acesso à informação por grande parte dos leitores.

Um dos objetivos desta edição é apresentar e discutir, de forma sistematizada, diferentes estratégias de controle biológico com eficiência científica comprovada pelos pesquisadores das referidas áreas.

Nesta edição, resultados de pesquisas recentes são apresentados, bem como processos tecnológicos já disponíveis ao produtor. As informações visam difundir o controle biológico no âmbito do manejo integrado de pragas, fitopatógenos e plantas invasoras. São discutidas as dificuldades relacionadas com o processo de regulamentação e registro de produtos biológicos e fornecidos exemplos práticos de utilização desses produtos. Dessa forma, pretende-se promover a atualização técnica de profissionais, produtores e estudantes interessados na aplicação do controle biológico na cadeia produtiva agrícola, com o que há de mais recente sobre este tema no Brasil.

Madelaine Venzon
Trazilbo José de Paula Júnior

Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v.30 n.251 jul./ago. 2009

Belo Horizonte-MG

Sumário

Editorial	3
Entrevista	4
Controle biológico conservativo	
Madelaine Venzon e Edison Ryoiti Sujii	7
Controle biológico de pragas com uso de insetos predadores	
Jorge Braz Torres, Cristina Schetino Bastos e Dirceu Pratisoli	17
Uso de ácaros predadores para o controle biológico de ácaros-praga	
Marcos Antonio Matiello Fadini, Angelo Pallini, Madelaine Venzon e Cleber Macedo de Oliveira	34
Controle biológico de pragas com o uso de parasitóides	
Marcus Vinicius Sampaio	41
Controle biológico de pragas com entomopatógenos	
Fernando Hercos Valicente	48
Controle biológico de pragas com nematoides	
Claudia Dolinski	56
Controle biológico de bactérias fitopatogênicas	
Andréa Bittencourt Moura, Bianca Obes Corrêa e Norimar D'Ávila Denardin	65
Controle biológico de fungos fitopatogênicos	
Marcelo Augusto Boechat Morandi, Trazilbo José de Paula Júnior, Wagner Bettiol e Hudson Teixeira	73
Controle biológico de fitonematoides	
Wânia dos Santos Neves, Everaldo Antônio Lopes, Leandro Grassi de Freitas e Douglas Ferreira Parreira	84
Controle biológico de plantas invasoras	
Robert Weingart Barreto	93
Legislação de uso de produtos biológicos para o controle de pragas e doenças	
Francys M. F. Vilella, Maria Luiza M. P. Castro e Elza B. da Cunha	108
Comercialização de produtos biológicos para o controle de doenças de plantas e pragas no Brasil	
Trazilbo José de Paula Júnior, Madelaine Venzon, Marcelo Augusto Boechat Morandi, Wagner Bettiol e Hudson Teixeira	116

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v.30	n.251	p. 1-124	jul./ago.	2009
----------------------	----------------	------	-------	----------	-----------	------

© 1977 EPAMIG

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

CONSELHO DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA E PUBLICAÇÕES

Baldonado Arthur Napoleão

Enilson Abrahão

Maria Lélia Rodriguez Simão

Juliana Carvalho Simões

Mairon Martins Mesquita

Vânia Lacerda

COMITÊ EDITORIAL DA REVISTA INFORME AGROPECUÁRIO

Enilson Abrahão

Diretoria de Operações Técnicas

Mairon Martins Mesquita

Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia

Vânia Lacerda

Departamento de Publicações

Maria Lélia Rodriguez Simão

Departamento de Pesquisa

Antônio Álvaro Corsetti Purcino

Embrapa

PRODUÇÃO

DEPARTAMENTO DE PUBLICAÇÕES

EDITOR

Vânia Lacerda

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Madelaine Venzon e Trazilbo José de Paula Júnior

REVISÃO LINGUÍSTICA E GRÁFICA

Marlene A. Ribeiro Gomide, Rosely A. R. Battista Pereira e

Michele Pereira dos Santos (estagiária)

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira

PRODUÇÃO E ARTE

Diagramação/formatação: *Maria Alice Vieira, Erasmo dos Reis*

Pereira, Cláudio Diniz Alves (estagiário) e Fabriciano Chaves

Amaral

Coordenação de Produção Gráfica

Fabriciano Chaves Amaral

Capa: *Fabriciano Chaves Amaral*

Foto da capa: *José Lino Neto*

Impressão:



IMPRESA OFICIAL
Governo do Estado de Minas Gerais

PUBLICIDADE

Décio Corrêa

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG

Telefone: (31) 3489-5088 - deciocorrea@epamig.br

Informe Agropecuário é uma publicação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

Assinatura anual: **6 exemplares**

Aquisição de exemplares

Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia

Divisão de Transferência Tecnológica

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

CEP 31170-000 Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3489-5002

E-mail: publicacao@epamig.br - Site: www.epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .
v.: il.

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura,
Pecuária e Abastecimento
Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária
EPAMIG, UFLA, UFMG, UFV



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Conselho de Administração

Gilman Viana Rodrigues
Baldonado Arthur Napoleão
Pedro Antônio Arraes Pereira
Adauto Ferreira Barcelos
Osmar Aleixo Rodrigues Filho
Décio Bruxel

Sandra Gesteira Coelho
Elifas Nunes de Alcântara
Vicente José Gamarano
Joanito Campos Júnior
Helton Mattana Saturnino

Conselho Fiscal

Carmo Robilota Zeitune
Heli de Oliveira Penido
José Clementino Santos

Evandro de Oliveira Neiva
Márcia Dias da Cruz
Celso Costa Moreira

Presidência

Baldonado Arthur Napoleão

Diretoria de Operações Técnicas

Enilson Abraão

Diretoria de Administração e Finanças

Luiz Carlos Gomes Guerra

Gabinete da Presidência

Álvaro Sevarolli Capute

Assessoria de Comunicação

Roseney Maria de Oliveira

Assessoria de Desenvolvimento Organizacional

Felipe Bruschi Giorni

Assessoria de Informática

Renato Damasceno Netto

Assessoria Jurídica

Nuno Miguel Branco de Sá Viana Rebelo

Assessoria de Negócios Tecnológicos

Jairo Pereira da Silva Júnior

Assessoria de Planejamento e Coordenação

Bethânia Elisa Amaral Rocha

Assessoria de Relações Institucionais

Marcílio Valadares

Assessoria de Unidades do Interior

José Maurício Fernandes Gonçalves Leite

Auditoria Interna

Carlos Roberto Dittadi

Departamento de Compras e Almoarifado

Sebastião Alves do Nascimento Neto

Departamento de Contabilidade e Finanças

Celina Maria dos Santos

Departamento de Engenharia

Luiz Fernando Drummond Alves

Departamento de Estudos Econômicos e Prospecção

Juliana Carvalho Simões

Departamento de Patrimônio e Serviços Gerais

Mary Aparecida Dias

Departamento de Pesquisa

Maria Lélia Rodriguez Simão

Departamento de Publicações

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Departamento de Recursos Humanos

Flávio Luiz Magela Peixoto

Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia

Mairon Martins Mesquita

Departamento de Transportes

José Antônio de Oliveira

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Fernando A. R. Magalhães, Gérson Occhi e Nelson Luiz T. de Macedo

Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

U.R. EPAMIG Sul de Minas

Gladyston Rodrigues Carvalho e Rodrigo Fráguas de Carvalho

U.R. EPAMIG Norte de Minas

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

U.R. EPAMIG Zona da Mata

Trazilbo José de Paula Júnior e João Bosco Caldas Campos

U.R. EPAMIG Centro-Oeste

Édio Luiz da Costa e Waldênia Almeida Lapa Diniz

U.R. EPAMIG Triângulo e Alto Paranaíba

Marcelo Abreu Lanza e Marina Lombardi Saraiva

Controle biológico é uma tecnologia ambientalmente segura e sustentável

O crescimento da população mundial demanda cada vez mais aumento da produção de alimentos. Nesta perspectiva, é primordial o aumento da produção agrícola, aliado ao emprego de novas tecnologias para o agronegócio, que possibilite índices de produtividade crescentes, capazes de atender à demanda. Contudo, esta produtividade deve ser sustentável, evitando-se prejuízos ao meio ambiente.

O controle convencional de pragas, doenças e plantas invasoras tem sofrido restrições, em consequência das demandas da sociedade e do mercado que exigem produtos agrícolas sem resíduos de agrotóxicos. Esta é uma tendência mundial, evidenciada pelo crescimento do mercado de produtos orgânicos em cerca de 20% ao ano, o que movimenta em torno de US\$ 30 bilhões.

A substituição do uso de agrotóxicos no manejo fitossanitário pelo controle biológico é um dos grandes desafios da agricultura sustentável e apresenta-se como uma tecnologia inovadora, na qual a natureza é o principal mecanismo de ação. O controle biológico, como componente do manejo integrado de pragas, doenças e plantas invasoras, vem merecendo maior atenção da pesquisa, ao mostrar-se ambientalmente seguro e sustentável.

Esta edição do Informe Agropecuário apresenta modalidades de uso do controle biológico na produção agrícola com o objetivo de orientar produtores na utilização de técnicas que garantam maior produtividade e qualidade dos alimentos. Ao disponibilizar esta publicação à sociedade, a EPAMIG segue em sua missão de transferir e difundir tecnologias e resultados da pesquisa, que venham ao encontro do anseio da sociedade por produtos agrícolas livres de resíduos tóxicos.

Baldonado Arthur Napoleão
Presidente da EPAMIG

Controle biológico é uma realidade no Brasil

O engenheiro agrônomo, Ari Gitz, é graduado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com especialização em Administração de Agroindústria, Fruticultura e em Floricultura (Suíça). Estudou na Universidade Hebraica de Jerusalém e trabalhou no Kibutz Bror Hail.

Representou a Associação das Empresas Nacionais de Defensivos Agrícolas (Aenda), nas reuniões de harmonização de registros de defensivos agrícolas para o Mercosul. Foi conselheiro, vice-presidente e presidente interino da Aenda. Participou como palestrante da reunião anual da Associação das Empresas Europeias de Controle Biológico (Abim). Exerceu o cargo de diretor da Associação Brasileira de Pós-Colheita (Abrapos).

Atualmente, é diretor da empresa Biocontrole - Métodos de Controles Biológicos Ltda. e presidente da Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio).



IA - Qual a importância do controle biológico no Brasil, uma vez que o País tem sido considerado um dos maiores consumidores de agrotóxicos?

Ari Gitz - O controle biológico tem hoje uma grande importância na agricultura brasileira. Há vários exemplos de sucesso no uso de produtos biológicos em grandes áreas. No cultivo de cana-de-açúcar, o controle da cigarrinha é feito com *Metharizium*; na soja, controle da *Anticarsia* com o *Baculovirus Anticarsia*; *Trichoderma* para doenças de solo; *Bacillus thuringiensis*, no controle de lagartas, e outros agentes como *Trichograma* mostram que o controle biológico no País é uma realidade.

O Brasil, sendo um dos países mais ricos em reservas naturais como floresta, rios, com uma reserva hídrica fabulosa, o Aquífero Guarany, que corresponde a 20% da água potável no mundo, tem como grande desafio substituir parte dos produtos químicos por produtos biológicos. Os volumes atuais de agrotóxicos devem ser substituídos gradativamente por produtos biológicos. É preciso mudar a cultura do uso de agrotóxicos, que está enraizada há décadas no agricultor brasileiro. Mas isto levará alguns anos.

Esta geração tem a obrigação de proteger as maiores riquezas do País, ou seja, florestas e água, e fornecer à população alimentos saudáveis e livres de resíduos químicos.

IA - Quais são os principais entraves para a maior adoção do controle biológico pelos agricultores brasileiros?

Ari Gitz - O maior entrave para a introdução do controle biológico na agricultura brasileira são os anos de uso de agrotóxicos pelos agricultores. Durante gerações, foram utilizados somente produtos químicos. Mudar essa cultura é o nosso grande desafio. Precisamos do apoio dos órgãos de extensão agrícola, universidades e empresas de pesquisas, além dos meios de comunicação, para levarem as novas técnicas de controle biológico aos agricultores.

IA - *Essa tecnologia, além de ser ambientalmente correta é também economicamente viável e acessível ao produtor?*

Ari Gitz - A tecnologia do controle biológico é altamente eficaz, quando comparada aos produtos químicos, tanto em termos de eficácia agrônômica, quanto de custo para o produtor. Há necessidade, ainda, de melhorar os sistemas de produção e formulações, o que possibilitará maior tempo de armazenamento dos produtos.

IA - *Como é feito o registro de produtos biológicos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento?*

Ari Gitz - Infelizmente, os produtos biológicos estão inseridos na mesma lei dos agrotóxicos. Para que sejam registrados, devem seguir o mesmo caminho destes, isto é, serem analisados pelos três órgãos registrantes: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

Um dos grandes entraves, além do alto custo do registro, que implica em estudos ecotoxicológicos necessários, são as taxas e o tempo para se obterem tais registros. Hoje, considerando desde o início do processo, que principia com a obtenção do Registro Especial Temporário (RET), leva-se de três a quatro anos.

Após a obtenção do Registro, é necessário o cadastro estadual desses produtos em todos os Estados, onde será comercializado, o que implica

no pagamento de mais taxas. Para finalizar, após a comercialização, as embalagens dos produtos devem ser recolhidas pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (Inpev). Para isto é necessário que a empresa produtora esteja associada ao Inpev, o que implica em mais gastos.

IA - *Em quais regiões do Brasil a adoção do controle biológico tem acontecido com mais facilidade e o que motivou esta maior utilização?*

Ari Gitz - O agricultor brasileiro, em geral, tem um bom nível tecnológico e está sempre à procura de produtos de boa qualidade. Quanto maior o nível tecnológico, maior é o interesse por produtos biológicos. Maior interesse têm, ainda, aqueles produtores que necessitam ter seus produtos livres de resíduos químicos para exportá-los ou colocá-los em redes de supermercados que possuem o “selo verde” de qualidade, como Pão de Açúcar e Carrefour.

IA - *Como tem evoluído o mercado de produtos biológicos no Brasil?*

Ari Gitz - Esse mercado tem crescido todo ano. Trata-se de uma nova cultura tecnológica, em que o início é difícil. Acredito que, com a entrada no mercado de novos produtos biológicos registrados e com qualidade, haverá um crescimento rápido desses produtos nos próximos anos, ocupando boa parte do mercado dos produtos químicos.

IA - *Como tem sido feito o controle de qualidade dos produtos biológicos comercializados no Brasil?*

Ari Gitz - O controle de qualidade, em geral, é feito pelo próprio fabricante. Há alguns laboratórios da Embrapa e de universidades acompanhando a qualidade dos produtos existentes no mercado. A Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio), junto àquelas instituições, criou um grupo de trabalho dividido em áreas de atuação, para que haja um consenso quanto às tecnologias de análise de qualidade. Essas tecnologias serão apresentadas ao MAPA, para serem utilizadas como padrão de análise na fiscalização de tais produtos.

É de extrema importância que se tenham produtos de qualidade a oferecer aos agricultores brasileiros. Sem isso, corremos o risco de fracassar em nosso objetivo principal que é ver o crescimento sustentável das empresas brasileiras de produtos biológicos.

IA - *O que é e como funciona a ABCBio?*

Ari Gitz - A Associação surgiu a partir da necessidade de congregar as empresas produtoras e comerciantes de produtos biológicos de controle de pragas, com o objetivo de regulamentar, fortalecer e dar representatividade ao setor. A Associação consta, hoje, de dez empresas associadas e está aberta às demais interessadas em participar. A ABCBio tem participado de reuniões com o MAPA, Anvisa e Ibama, com o intuito de estudar ações que possibilitem o crescimento do setor. Gostaria de ressaltar que, para que a utilização do produto biológico cresça no Brasil, é vital a atuação de empresas sérias, regularizadas, que produzam com qualidade.

■ Por Vânia Lacerda

Lançamento

Moranga híbrida é tema de Boletim Técnico



Minas Gerais é o maior produtor brasileiro de moranga híbrida ou japonesa, com aproximadamente, 36 mil toneladas/ano e produtividade média de 15 toneladas/hectares, acima da média nacional.

A moranga híbrida apresenta precocidade e estabilidade de produção, resistência à broca, uniformidade no tamanho e coloração do fruto e boa conservação pós-colheita, características que garantem a grande aceitação do fruto, principalmente em mercados mais exigentes.

Este Boletim Técnico disponibiliza informações e tecnologias que visam à melhoria da qualidade do produto e da renda do produtor.

Informações:
(31) 3489-5002
publicacao@epamig.br
(31) 3891-2646



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Controle biológico conservativo

Madeline Venzon¹

Edison Ryoiti Sujii²

Resumo - A redução da população de pragas nos agroecossistemas pode ser obtida pelo incremento da população de inimigos naturais, por meio de técnicas que os conservem e os favoreçam. Essa estratégia de controle é classificada como controle biológico conservativo ou de conservação. Serão discutidos recursos que podem ser fornecidos aos inimigos naturais e técnicas utilizadas no manejo dos agroecossistemas, visando ao controle biológico conservativo de pragas, tais como diversificação da vegetação, manutenção da vegetação natural, seleção de variedades com características que atraem e mantêm os inimigos naturais, fornecimento artificial de recursos alimentares, além de outras práticas, como o uso de produtos seletivos no controle de pragas.

Palavras-chave: Controle alternativo. Biocontrole. Predador. Parasitoide. Diversificação da vegetação. Pólen. Néctar. Refúgio. Inseticida seletivo.

INTRODUÇÃO

O controle biológico conservativo, com base no manejo ou modificação do ambiente, é uma estratégia para incrementar a sobrevivência e o desempenho dos inimigos naturais, o qual resulta em redução populacional das pragas (BARBOSA, 1998; EILENBERG et al., 2001). Os métodos utilizados para conservar e favorecer a atividade dos inimigos naturais incluem o fornecimento de alimentos alternativos, como néctar, pólen e *honeydew* e/ou presas alternativas em épocas diversas, a provisão de áreas de refúgio e de microclima para condições adversas, a provisão de voláteis, que modificam o comportamento de pragas e seus inimigos naturais, e a utilização de práticas de controle seletivo de pragas (BARBOSA, 1998; LANDIS et al., 2000; GURR et al., 2003).

A prática do controle biológico conservativo requer conhecimento sobre estrutura e funcionamento da teia alimentar presente

no sistema, a fim de utilizar, estrategicamente, técnicas que visem ao aumento e à conservação daquelas espécies desejáveis. Embora essa abordagem pareça ampla demais, muito do conhecimento já existente sobre biologia e ecologia de pragas e inimigos naturais pode ser utilizado. Esse conhecimento, no entanto, deve ser complementado com estudos a respeito das exigências nutricionais e ecológicas dos inimigos naturais e servirá como guia na escolha da estratégia de manejo ambiental a ser utilizada. Segundo Jonsson et al. (2008), o controle biológico conservativo tem as seguintes vantagens:

- a) baseia-se em conceitos que são fáceis para o agricultor compreender, como policultivo, plantas companheiras, valor de diversidade;
- b) é uma prática que pode ser adotada em nível de propriedade, em contraste com o controle biológico clássico, que é em nível regional, nacional e até continental;

c) envolve mudanças conspícuas na paisagem dos agroecossistemas, o que vem ao encontro das exigências de nichos de mercados específicos, como o orgânico.

ALIMENTO ALTERNATIVO

A disponibilidade de alimentos derivados da planta, como pólen e néctar, pode ter grande impacto na eficiência de predadores e parasitoides como agentes de controle biológico de pragas. Para algumas espécies de predadores, esse tipo de alimento é essencial durante um estágio de vida não carnívoro; para outros, o alimento derivado de plantas pode representar um suplemento, até a presa de qualidade nutricional superior ser localizada, ou um complemento de uma presa de qualidade inferior. Alguns parasitoides somente atingem seu potencial ecológico máximo, quando fontes de carboidratos estão disponíveis, uma vez que esse tipo de alimento

¹Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: venzon@epamig.ufv.br

²Eng^a Agr^a, Dr., Pesq. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Caixa Postal 02372, CEP 70849-970 Brasília-DF. Correio eletrônico: sujii@cenargen.embrapa.br

influencia a sobrevivência, a fecundidade e a capacidade de busca por hospedeiros (WACKERS et al., 2005).

O pólen é uma fonte alimentar importante para diversos entomófagos: Neuroptera (Chrysopidae, Hemerobiidae), Diptera (Syrphidae), Heteroptera (Anthocoridae), Coleoptera (Coccinellidae), Thysanoptera (Aeolothripidae, Phlaeothripidae), Mantodea (Mantidae), Acari (Phytoseiidae) e Araneae (Araneidae) (WACKERS et al., 2005). Além de proteínas e carboidratos, o pólen contém vitaminas, minerais e esteroides, os quais são importantes para a digestão e outros processos metabólicos dos insetos (STANLEY; LINSKENS, 1974).

O néctar floral e extrafloral, presente em algumas plantas, pode ser utilizado por predadores e parasitoides: Neuroptera (Chrysopidae, Hemerobiidae), Diptera (Syrphidae, Cecidomyiidae, Tachinidae), Hymenoptera (Ichneumonidae, Braconidae, Vespidae, Formicidae) Coleoptera (Coccinellidae) e Acari (Phytoseiidae) (WACKERS et al., 2005). Além dos açúcares (sacarose, glicose e frutose), o néctar contém cerca de 14 aminoácidos (BAKER et al., 1978). Os nectários extraflorais podem estar localizados em folhas, pecíolos, brácteas e frutos de algumas plantas, como em algumas variedades de algodão, feijão-fava, mandioca, mamona, girassol, abobrinha e espécies de *Prunus* spp. (BAKER et al., 1978).

O valor nutricional dos alimentos fornecidos pelas plantas varia com a espécie da planta e do inimigo natural. Desse modo, nem todo pólen e néctar produzidos pelas plantas são adequados nutricionalmente para os inimigos naturais. Para o predador *Chrysoperla externa* (Hagen), os pólenes das leguminosas *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan* forneceram nutrientes adequados para a reprodução desse inseto. Quando fêmeas de *C. externa* foram alimentadas com pólen de mamona (*Ricinus communis*), não houve oviposição. Esta só foi possível com a adição de uma fonte de carboidrato à dieta de pólen de mamona (VENZON et al., 2006b) (Gráfico 1). Já, para outro predador, o ácaro *Iphiseiodes*

zuluagai Denmark & Muma, todos os três pólenes foram adequados e proporcionaram taxa de oviposição semelhante (Gráfico 2).

Além da qualidade nutricional, fatores como a acessibilidade ao alimento fornecido, relacionado com a arquitetura floral, e a atratividade das plantas para inimigos naturais devem ser considerados, para que se tenham resultados satisfatórios no controle de pragas pelos inimigos naturais (BAGGEN et al., 1999). Embora umas plantas forneçam néctar com qualidade nutricional adequada para parasitoides das famílias Braconidae e Ichneumoni-

dae, algumas não são atrativas e outras são repelentes a esses inimigos naturais (WACKERS et al., 2005).

Outro fator a ser considerado é a utilização dos recursos derivados das plantas pelos herbívoros. Quando se diversifica o sistema, utilizando-se plantas que forneçam alimento suplementar aos inimigos naturais e esta fonte de alimento é também explorada pelos insetos fitófagos, pode-se acentuar o problema ao invés de diminuí-lo (BAGGEN et al., 1999). O néctar pode ser explorado por algumas espécies-praga de lepidópteros e heterópteros e o pólen por coleópteros crisomelídeos e curculio-

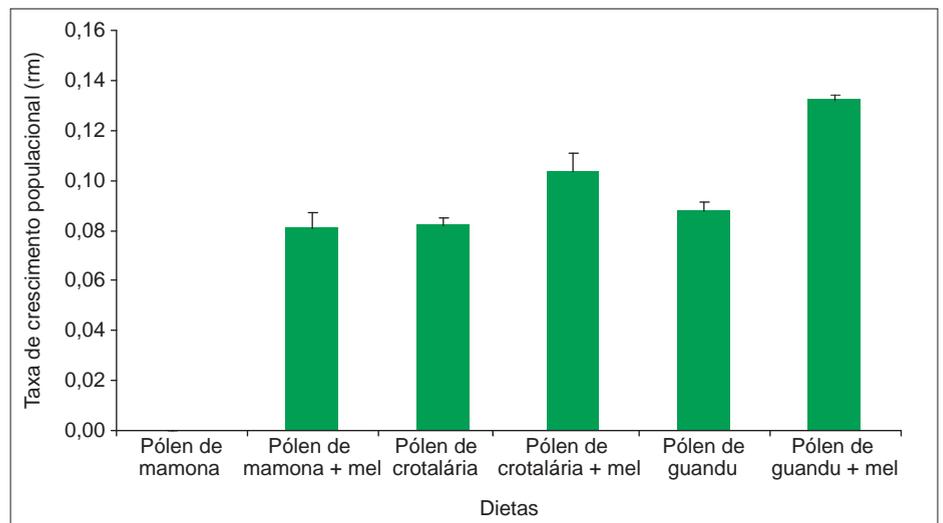


Gráfico 1 - Taxa intrínseca de crescimento populacional do predador *Chrysoperla externa* alimentado com diferentes dietas à base de pólen

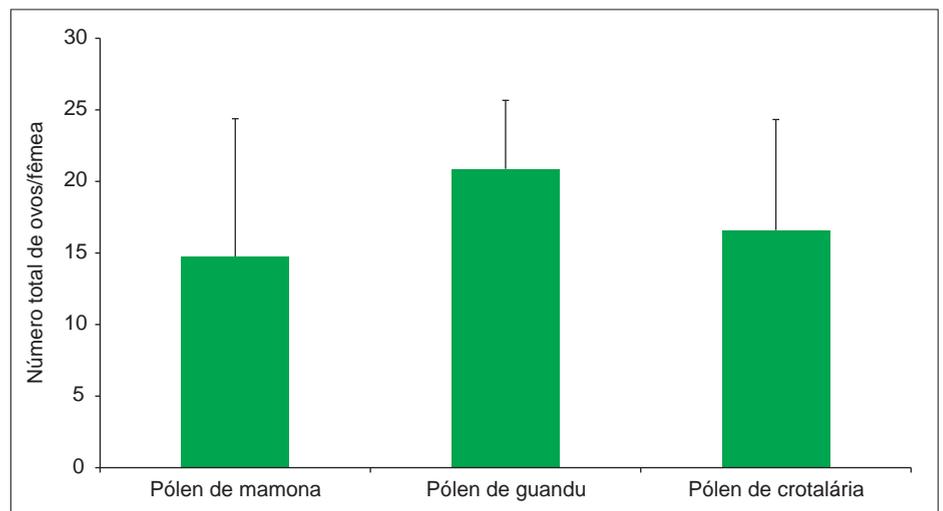


Gráfico 2 - Número médio de ovos depositados por fêmeas de *Iphiseiodes zuluagai* alimentadas com pólen de leguminosas e de mamona

nídeos, por algumas espécies de tripses e por lepidópteros da família Lycaenidae e do gênero *Heliconius* (WACKERS et al., 2005). Na seleção de plantas fornecedoras de néctar com possibilidade de uso no agroecossistema cafeeiro para incrementar a população de inimigos naturais, verificou-se que o néctar floral do trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum*) e o néctar extrafloral da mamona (*R. communis*) foram fontes de carboidratos adequadas às larvas e aos adultos do predador *C. externa*, proporcionando aumento na sobrevivência de ambos estádios do predador (Fig. 1, 2 e 3). Avaliou-se também a utilização do néctar floral por uma das principais pragas do cafeeiro, o bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville)). Este teve acesso ao néctar e teve sua sobrevivência aumentada na presença de flores de trigo-mourisco, no entanto, sua fecundidade não foi alterada pela alimentação no néctar do trigo-mourisco. Portanto, essa espécie de planta apresenta potencial de uso para o controle biológico conservativo no cafeeiro (ROSADO, 2007).

Na seleção de plantas que forneçam néctar e pólen, devem-se escolher somente aquelas, cujas flores/nectários sejam explorados e permitam o benefício apenas dos inimigos naturais, quer seja pela sua forma, cor ou algum fator químico (BAGGEN et al., 1999). A inacessibilidade do alimento fornecido pelas plantas às pragas, portanto, é outro critério a ser utilizado na seleção de plantas para a diversificação do agroecossistema.

REFÚGIO E MICROCLIMA

Locais de abrigo para inimigos naturais podem ser fornecidos por meio da diversificação da vegetação e da mudança na estrutura do *habitat* nas áreas de cultivo. Em culturas perenes, a manutenção e o aumento da camada de folhas mortas, que cobrem o solo, podem fornecer local para os inimigos naturais abrigarem-se durante a entressafra ou quando as condições ambientais são adversas. Em culturas anuais, como a soja, uma estratégia que pode ser



Figura 1 - Larva do predador *Chrysoperla externa* alimentando-se em flores do trigo-mourisco

Madelaine Venzon



Figura 2 - Adulto do predador *Chrysoperla externa* alimentando-se em flores do trigo-mourisco

Madelaine Venzon



Figura 3 - Larva do predador *Chrysoperla externa* alimentando-se no nectário extrafloral da mamona

Madelaine Venzon

utilizada é a distribuição nas lavouras de áreas de refúgio para predadores, que podem ser montículos de palha, por exemplo. Essa técnica vem sendo utilizada há mais de 2 mil anos por agricultores chineses e tem contribuído para a redução de até 88% no uso de inseticidas. Halaj et al. (2000) demonstraram experimentalmente que a técnica é eficiente para aumentar a população de predadores generalistas, diminuindo, conseqüentemente, os danos causados pelas pragas na soja. Outro exemplo é a abertura de buracos no solo que servem de abrigo para aranhas predadoras, mantendo e aumentando suas populações nas áreas de cultivo (LANDIS et al., 2000).

A complexidade da vegetação pode influenciar positivamente a redução populacional das pragas, por diminuir a ocorrência de interações antagônicas entre predadores, como a predação intraguilida. Esta interação ocorre, quando predadores, além de competirem com outros inimigos naturais, alimentam-se destes. Como conseqüência, pode ocorrer aumento nas populações das pragas-alvo, devido à exclusão de uma das espécies de inimigo natural (presa intraguilida) e/ou à redução do tempo e esforços gastos pelo predador intraguilida na predação da praga-alvo. Finke e Denno (2002) demonstraram que em *habitats* com vegetação complexa, houve maior redução da população da cigarrinha *Prokelisia dolus* Wilson pelo mirídeo predador *Tytthus vagus* Knight, em conseqüência de diminuição da predação intraguilida por aranhas sobre o mirídeo, em comparação com *habitats* com vegetação simplificada.

PRESAS OU HOSPEDEIROS ALTERNATIVOS

A disponibilidade de presas e/ou hospedeiros alternativos, dentro ou próximo da área de cultivo, contribui significativamente para o estabelecimento das populações de inimigos naturais em época anterior à ocorrência das pragas nas culturas.

A associação de sorgo granífero com algodão é um exemplo de como a provisão

de presas alternativas pela planta associada pode auxiliar na redução de pragas na cultura principal. Duas espécies de pulgões atacam o sorgo, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Schizaphis graminum* (Rondani), e não ocorrem no algodão. Os pulgões no sorgo atraem predadores como crisopídeos, coccinelídeos e sirfídeos. Após colonizarem o sorgo, os predadores passam para o algodoeiro, onde irão controlar lagartas de lepidópteros-praga (GRAVENA, 1992).

A disponibilidade de hospedeiros alternativos para parasitoides próximos à área de cultivo, em períodos de não ocorrência da praga na cultura principal, diminui a taxa de emigração do parasitoide e favorece positivamente a redução de populações iniciais da praga na cultura. Murphy et al. (1998) demonstraram que em pomares, onde ameixeiras foram plantadas próximas às videiras, houve redução populacional da cigarrinha *Erythroneura elegantula* (Osborn), uma das principais pragas da videira nos Estados Unidos. Durante o inverno, há disponibilidade de outra espécie de cigarrinha na ameixeira (*E. prunicola*), que não ataca a videira. Essa espécie de cigarrinha serve de hospedeiro alternativo para um dos principais inimigos naturais da cigarrinha-da-videira, o parasitoide *Anagrus epos* Girault. Na primavera, quando *E. elegantula* inicia a deposição dos primeiros ovos na videira, esses são parasitados por *A. epos* que migra da ameixeira para a videira, pois a cigarrinha-da-videira é seu hospedeiro principal.

ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE BIOLÓGICO CONSERVATIVO

Diversificação da vegetação na área cultivada

Além de influenciar indiretamente a população de herbívoros, via incremento na população de inimigos naturais, a diversificação nos agroecossistemas tende a reduzir diretamente o ataque de herbívoros, pela diversidade de estímulos olfativos e visuais, associados às várias espécies de plantas, que dificultam a localização e a

colonização das plantas hospedeiras pelos herbívoros (ROOT, 1973). Portanto, a manipulação da diversidade nos agroecossistemas pode reduzir o ataque de pragas pelo incremento do terceiro nível trófico (efeito *top-down*) e/ou pelos efeitos do primeiro nível trófico (efeito *bottom-up*) (LANDIS et al., 2000).

Os agroecossistemas podem ser diversificados pela associação de plantas de espécies diferentes, podendo ser duas ou mais culturas (cultivos intercalares ou consorciados) ou uma cultura e uma ou mais plantas associadas (planta espontânea, cobertura verde, adubo verde). É possível também, com a associação de plantas com genótipos diferentes, obter benefícios semelhantes na redução populacional de pragas (ANDOW, 1991). Na escolha das plantas a serem associadas, alguns fatores devem ser considerados, para que essa técnica resulte em diminuição do ataque e dos danos das pragas na cultura principal. Desse modo, a planta associada à cultura principal deve apresentar, preferencialmente, as seguintes características:

- a) sobreviver no ambiente selecionado com manutenção mínima e ter fácil trato agrônomico;
- b) competir com plantas invasoras não desejáveis;
- c) florescer em época não coincidente com a cultura principal, para evitar a migração de polinizadores desta para a associada;
- d) fornecer seletivamente recursos aos inimigos naturais, sem beneficiar os artrópodes fitófagos;
- e) não hospedar os mesmos herbívoros da cultura principal, pois isso favorece o aumento de sua população.

As diferentes espécies de plantas podem estar dispostas, com relação à cultura principal, em faixas alternadas de cultivo, em campos adjacentes, misturadas na mesma linha ou na área de plantio, nas bordas da área de cultivo ou, ainda, ser plantadas nos terraços, anteriormente ao plantio definitivo. Um fator importante a ser con-

siderado com relação a essa disposição é a distância da planta associada da cultura principal. Normalmente, maior número de inimigos naturais ocorre nas proximidades das plantas associadas e na interface com a cultura principal (ALTIERI, 1999).

O efeito de culturas intercalares/consorciadas nas populações de insetos-praga na cultura principal tem apresentado resultados variados, predominando aqueles onde houve a diminuição das populações de pragas nas culturas consorciadas em comparação com uma das monoculturas (VANDERMEER, 1989; ANDOW, 1991). As plantas associadas à cultura podem contribuir para a redução populacional de alguns insetos-praga por meio do incremento na população de inimigos naturais pela provisão de alimento (pólen, néctar), de presas e/ou hospedeiros utilizados durante períodos de baixa densidade populacional destes na cultura principal. Adicionalmente, plantas associadas podem reduzir as pragas em época anterior à sua ocorrência

na cultura principal, por meio da provisão de voláteis que atraem os inimigos naturais, facilitando-lhes a tarefa de encontrar suas presas/hospedeiros (KHAN et al., 2008). Uma compilação de exemplos do uso dessas estratégias pode ser encontrada em Venzon et al. (2006a).

Estudos com as pragas do tomateiro mostram que diferentes mecanismos estão envolvidos na localização da planta hospedeira pela traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick), e pela mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Genn.). O estado nutricional do tomateiro orienta as fêmeas de *T. absoluta* para plantas que receberam adubação química em detrimento de plantas adubadas no sistema orgânico (MEDEIROS, 2007). A mosca-branca, que é uma praga polífaga, com mais de 600 hospedeiros conhecidos, não distingue a qualidade nutricional de plantas do tomateiro, colonizando indistintamente plantas cultivadas em sistemas orgânico ou convencional (TOGNI et al., 2009). Apesar de não distinguir o estado

nutricional do hospedeiro, recentemente foi demonstrado que a mosca-branca é orientada para colonização do tomateiro por semioquímicos liberados pela planta (TOGNI, 2009). Ambas as pragas são negativamente afetadas pela presença de coentro (*Coriandrum sativum*) nas parcelas de tomate, tanto pela redução das taxas de colonização por adultos como pelo aumento na abundância de inimigos naturais e o conseqüente controle biológico de ovos e imaturos das pragas (MEDEIROS, 2007; TOGNI, 2009) (Fig. 4). Adicionalmente, voláteis constitutivos das plantas de coentro podem dificultar o encontro do tomateiro como planta hospedeira da mosca-branca.

O plantio antecipado de coentro em consorciação com o tomateiro favorece a ocorrência de predadores generalistas como joaninhas (Fig. 5), dípteros da família Syrphidae e Dolichopodidae e crisopídeos, ao fornecer, pólen, néctar, abrigo e presas alternativas (TOGNI, 2009). Neste sistema,



Pedro Henrique Brum Togni

Figura 4 - Otimização do controle biológico conservativo em plantio consorciado de tomate/coentro

NOTA: Sistema orgânico com barreiras de milho, sorgo e margaridão e entorno de mata ciliar na área experimental da Embrapa Hortaliças, no Distrito Federal.



Kelly Ramalho Cavalcante

Figura 5 - Postura da joaninha *Cycloneda sanguinea* em inflorescência de coentro, no plantio consorciado com tomate

Medeiros (2007) verificou que a joaninha, *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, utiliza uma grande diversidade de espécies de pólen para complementação da dieta, enquanto que adultos do crisopídeo *C. externa* alimentam-se predominantemente de pólen de plantas da família Poaceae e também da família Apiaceae, relevante para essas espécies. Dessa forma, ao plantar o coentro, aproximadamente, 15 dias antes dos tomateiros, a cultura é beneficiada pela colonização prévia da área por espécies generalistas de inimigos naturais e pela prevenção à colonização inicial de *T. absoluta* e *B. tabaci*. Além disso, durante o ciclo do tomateiro, podem ser realizadas duas semeaduras do coentro, permitindo que sejam deixadas algumas plantas para florescer e prover recursos alternativos para os inimigos naturais, durante a maior parte do ciclo da cultura principal (MEDEIROS, 2007; TOGNI, 2009). Portanto, para *T. absoluta* e *B. tabaci*, o coentro e o tipo de manejo do sistema (orgânico e convencional) possuem efeitos diretos nas populações dessas pragas pelo aumento da complexidade estrutural do ambiente, dificuldade de encontro do hospedeiro (tomate) e efeitos indiretos pelo favorecimento da comunidade de inimigos naturais no agroecossistema (MEDEIROS, 2007; TOGNI et al., no prelo; TOGNI, 2009). Em outro consórcio, o coentro associado à

couve proporcionou aumento na quantidade de inimigos naturais, principalmente joaninhas, as quais foram importantes na redução da população de pulgões na couve (RESENDE, 2008).

Manutenção da vegetação natural

Áreas com vegetação natural, adjacentes aos campos de cultivos ou, quando possível, dentro dos campos, devem ser preservadas, por causa de sua importância na manutenção das populações de inimigos naturais. Essas áreas podem funcionar como local para hibernação ou refúgio dos inimigos naturais, como fontes de pólen, néctar e de hospedeiros alternativos, quando houver baixa densidade populacional das pragas nos campos cultivados. Para otimizar o espaçamento entre essas áreas e a cultura principal, é importante considerar a distância percorrida pelos inimigos naturais, para penetrarem nas áreas de cultivo. Em alguns casos, as áreas de vegetação natural podem estar dispostas em forma de corredores, ligando diversas lavouras, favorecendo assim a dispersão dos inimigos naturais (ALTIERI, 1999).

Em citros, a preservação da cobertura verde formada pela vegetação nativa serve de abrigo para inimigos naturais, como os predadores rasteiros (formigas, aranhas e

besouros carabídeos e estafilínídeos), que se alimentam dos besouros que atacam as raízes, do bicho-furão e da mosca-das-frutas; quando nessa cobertura existem plantas que produzem pólen, ocorre também a manutenção e o aumento de ácaros predadores que, posteriormente, migram para os citros e passam a controlar os ácaros-praga (GRAVENA, 1992). Em lavouras de café, é importante a manutenção da vegetação natural adjacente ao cafezal, para que sirva de local para a nidificação de vespas predadoras do bicho-mineiro do cafeeiro (GRAVENA, 1992).

Seleção das variedades

Variedades de plantas com características que atraem e mantêm os inimigos naturais, além de facilitar as atividades de predação e parasitismo, podem ser usadas estrategicamente para o controle de pragas nas culturas. Essas características, que direta ou indiretamente promovem a eficiência dos inimigos naturais, podem ser a presença de pelos, tricomas, espinhos e glândulas, que facilitam a movimentação desses inimigos, a presença de estruturas que servem de abrigo e a produção de pólen, de néctar e de semioquímicos (BOTTREL et al., 1998).

As domácias são estruturas especializadas de algumas plantas e que servem de abrigo aos inimigos naturais. Ocorrem nas folhas de muitas espécies de plantas e variam de simples tufo de pelos, como em algumas variedades de pimenta, a cavidades localizadas nas junções entre as nervuras principais e secundárias, na parte inferior das folhas, como em variedades de café. As domácias são habitadas por predadores, principalmente ácaros, por fungívoros e por polenófagos (raramente por herbívoros), que utilizam essas estruturas para a proteção contra fatores ambientais adversos e contra hiperpredadores (WALTER, 1996). Matos et al. (2004) verificaram que plantas de cafeeiros com grande quantidade de domácias apresentam maiores densidades de ácaros predadores do que plantas com poucas ou sem do-

mácias. Plantas de *Coffea arabica* são mais favoráveis ao desenvolvimento do ácaro predador *I. zuluagai* do que *Coffea canephora*, por apresentarem domácias que possibilitam melhores condições de abrigo e reprodução a esse predador (Fig. 6A e 6B) (MATOS et al., 2004). A presença de domácias em cafeeiros é fator de sobrevivência e manutenção das populações de ácaros predadores nessas plantas, pois além de abrigo e local de oviposição, as domácias abrigam ácaros tidiédeos que servem de alimento ao predador. Conseqüentemente, as domácias de *C. arabica* exercem efeito negativo indireto sobre as populações dos ácaros fitófagos que atacam o cafeeiro.

A presença de néctar e de pólen nas plantas é fator importante para a complementação da dieta dos predadores e dos parasitoides (no caso do néctar) e para a manutenção das suas populações em períodos de escassez de pragas. Algumas plantas possuem nectários extraflorais, cuja função principal não é a de atrair polinizadores, mas de fornecer alimento para parasitoides, formigas e outros predadores. Quando esses artrópodos visitam estas plantas para se alimentar do néctar, adicionalmente irão alimentar-se dos herbívoros presentes na planta. Rijn e Tanigoshi (1999) sugeriram que, por meio da seleção de genótipos com alta produção de néctar extrafloral,

poderiam ser introduzidos ácaros predadores nas culturas em períodos anteriores à ocorrência de ácaros e tripses, pois o néctar seria suficiente para manter a população desses predadores.

A planta pode também produzir pólen para ser utilizado como alimento por diversos predadores. No entanto, para a planta beneficiar-se da produção de pólen, este deve ter qualidade nutricional inferior à das presas, caso contrário os predadores iriam alimentar-se preferencialmente de pólen e não das pragas presentes nas plantas. Outro fator importante é a possível utilização de pólen pelos herbívoros (RIJN et al., 2002). Os benefícios da produção de pólen para a planta dependerão das espécies envolvidas, da população inicial de predadores e de presas e do impacto que a utilização desse recurso causará nessas populações.

Outra maneira pela qual as plantas interagem com os inimigos naturais é por meio da produção de voláteis em resposta ao ataque de herbívoros, os chamados voláteis induzidos por herbivoria, que indicam a presença de pragas e, portanto, auxiliam nos processos de busca dos inimigos naturais (SABELIS et al., 1999; KHAN et al., 2008). A composição desses varia, consideravelmente, dependendo da espécie e da variedade da planta, da espécie de herbívoro e do seu grau de infestação e da idade e condição da planta, fornecendo,

portanto, informações bem específicas (SABELIS et al., 1999). Assim, como na produção de pólen, alguns fatores devem ser considerados, como a utilização desses voláteis por outros artrópodos que não beneficiam a planta, como os herbívoros, os omnívoros e os hiperpredadores (SABELIS et al., 1999).

Fornecimento de recursos suplementares

Quando a população de pragas é baixa e insuficiente para promover aumento significativo da população de inimigos naturais, o fornecimento de pólen, em variedades que não o produzem, em períodos iniciais ao ataque das pragas, pode contribuir para a manutenção da população dos inimigos naturais nas plantas, diminuindo, assim, a ocorrência de surtos populacionais de pragas. Essa estratégia pode ser usada também em complementação ao controle biológico aplicado. Rijn et al. (2002) demonstraram que o fornecimento semanal de pólen em plantas de pepino, em variedades que não o produzem, promove o aumento populacional do ácaro predador *Amblyseius degenerans* (Berlese), que afeta negativamente a população do tripses *Frankliniella occidentalis* (Pergande). No entanto, como o tripses também pode beneficiar-se do pólen, seu fornecimento deve ser localizado para que os predadores monopolizem o

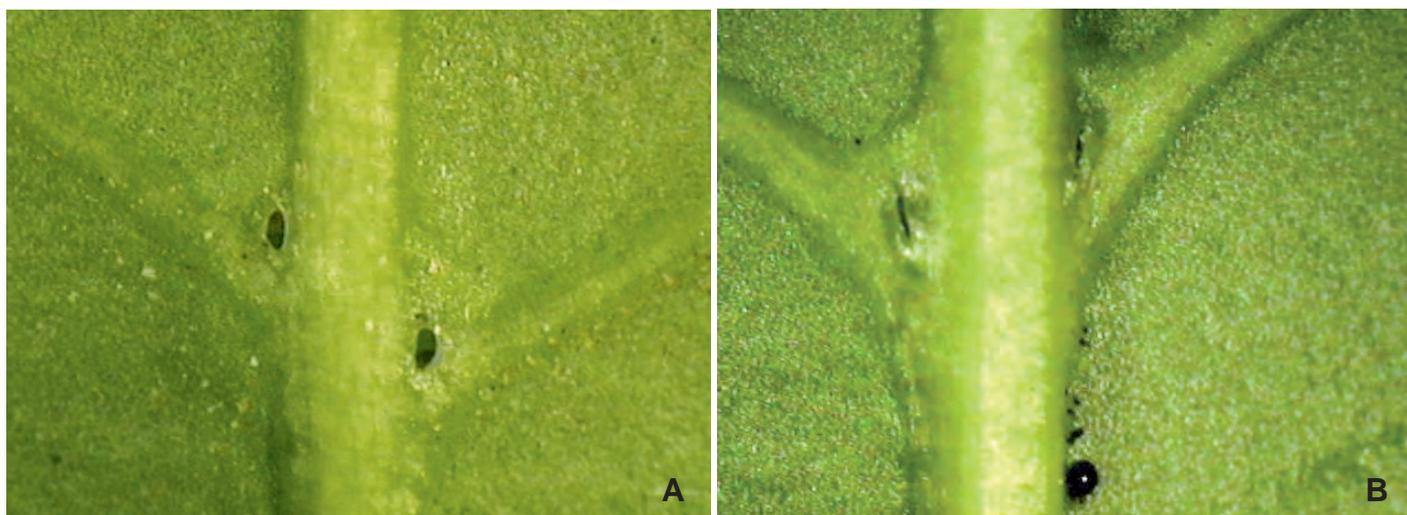


Figura 6 - Domácias em *Coffea*

NOTA: Figura 6A - *Coffea arabica*. Figura 6B - *Coffea canephora*.

seu uso. Essa estratégia também foi utilizada experimentalmente por Nomikou et al. (2002), em pepino, para o controle da mosca-branca *B. tabaci* pelos ácaros predadores *Euseius scutalis* (Athias-Henriot) e *Typhlodromips swirskii* (Athias-Henriot), em casa de vegetação.

Uma alternativa ao plantio de espécies florícolas, é fornecer artificialmente substâncias nutritivas e atrativas aos inimigos naturais, como misturas de levedo de cerveja, açúcar e água. No entanto, a viabilidade econômica dessa técnica tem limitado seu uso (LANDIS et al., 2000). Uma revisão completa do assunto pode ser encontrada em Wade et al. (2008).

OUTRAS PRÁTICAS CULTURAIS

A escolha do sistema de irrigação parece afetar a estruturação da comunidade de inimigos naturais e, conseqüentemente, o sucesso do controle biológico conservativo, especialmente em regiões com forte variação sazonal no regime de chuvas. Togni (2009) relata o efeito favorável da irrigação por aspersão associada ao policultivo com coentro no aumento da abundância e diversidade de inimigos naturais como dípteros predadores, vespas (Fig. 7) e parasitoides em tomateiro cultivado em sistema orgânico de produção, no Distrito Federal, durante o período da seca na região. Neste caso, a irrigação por aspersão aparentemente cria um microclima mais favorável para as espécies de inimigos naturais. Associando a irrigação por aspersão ao coentro, as duas práticas culturais locais juntas podem proporcionar



Erica Sevilha Harterreiten Souza

Figura 7 - Vespa predando a vaquinha *Diabrotica speciosa*

microclima mais favorável e recursos alternativos (pólen, néctar e presas). Por outro lado, cada prática adotada (consórcio com coentro e tipo de irrigação) pode afetar, de forma diferenciada, cada espécie ou grupo de espécies no agroecossistema. Tais informações evidenciam a necessidade da adoção de práticas locais diferenciadas de acordo com o tipo de manejo e as pragas-alvo que se deseja controlar.

Em sistemas irrigados por aspersão, também ocorre o favorecimento do crescimento da vegetação espontânea na área. Se estas espécies forem manejadas adequadamente de modo que não interfiram na produtividade da cultura principal, também podem aumentar a diversidade de espécies vegetais na área e prover abrigos, presas e recursos alternativos. Bezerra et al. (2004) demonstraram no Semiárido nordestino que o plantio de tomate com plantas espontâneas reduz as populações de *B. tabaci*, pelo favorecimento da abundância de seus inimigos naturais. É importante ressaltar que nesse estudo foram selecionadas plantas que não são hospedeiras conhecidas de viroses transmitidas por moscas-brancas e podem ser plantadas ou mantidas nas bordas do sistema produtivo.

O uso de produtos compatíveis ou seletivos aos inimigos naturais, que ocorrem no agroecossistema e promovem a regulação populacional de pragas, é parte dos cuidados que o agricultor deve ter em relação ao conjunto de práticas culturais utilizadas, visando favorecer o controle biológico conservativo. A lagarta-da-soja é a principal praga da fase vegetativa da cultura da soja e em diversas regiões produtoras, notadamente no Centro-Oeste, o fungo *Nomuraea rillei* produz epizootias naturais impedindo surtos populacionais da lagarta. Apesar das condições climáticas que regulam a ocorrência de epizootias serem bem conhecidas, podendo orientar o agricultor em relação ao controle da praga (SUJII et al., 2002), a necessidade do uso de fungicidas e inseticidas contra outras pragas tem apresentado uma ação deletéria sobre *N. rillei*, prejudicando sua ação.

Em sistemas orgânicos de produção, é comum o uso de produtos não convencionais para o controle de pragas. No entanto, muitas vezes, por falta de informações técnicas, esses produtos são utilizados em concentrações altas, as quais são deletérias aos inimigos naturais. Por exemplo, a calda sulfocálcica é um produto de uso difundido na agricultura orgânica para controle de pragas, em especial de ácaros. Tem sido relatado o uso de concentrações que variam de 2% a 4%, dependendo da cultura. Em pesquisas realizadas na Unidade Regional EPAMIG Zona da Mata (U.R. EPAMIG ZM), verificou-se que é possível utilizar dosagens inferiores da calda, eficientes no controle dos ácaros fitófagos e seletivas aos principais inimigos naturais desses. A concentração de 0,5% da calda (31,5° Baumé) controla eficientemente a população do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* e corresponde a CL₁₁ para o ácaro predador *I. zuluagai*, um dos principais inimigos naturais de *O. ilicis*. Adicionalmente, a calda sulfocálcica a 0,5% é mais seletiva a esse predador do que o enxofre, outro produto de uso frequente na cafeicultura para controle de *O. ilicis*. Nesta concentração, a calda sulfocálcica também é seletiva ao predador *C. externa*. Em trabalho realizado em laboratório, verificou-se que houve aumento da duração do primeiro instar de *C. externa* na concentração acima de 1%, mas esta e outras concentrações inferiores testadas não refletiram em efeito negativo significativo sobre as outras fases de desenvolvimento do inimigo natural. Somente concentrações acima de 2,5% afetaram o desenvolvimento do predador, não havendo ecdises larvais no primeiro e segundo instar. É importante salientar que o fato de os produtos alternativos serem de baixo custo e de fácil manipulação não significa que possam ser utilizados indiscriminadamente e, portanto, seu uso deve ser de acordo com as recomendações técnicas. A seletividade aos inimigos naturais deve ser preconizada sempre e o agricultor deve saber que essa é obtida de acordo com a dosagem a ser estabelecida para cada praga.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estratégias do controle biológico conservativo visam à sustentabilidade e à menor interferência no sistema. Dessa forma, para a escolha da estratégia a ser utilizada, deve-se ter um inventário agroecológico da área-alvo da manipulação e sua adjacência. Esse inventário permitirá a exploração racional das potencialidades da área e a adoção de medidas adequadas para resolver o problema-alvo. É importante salientar que, na seleção de plantas para o incremento da população de inimigos naturais, devem-se considerar os seguintes critérios:

- qualidade nutricional do alimento fornecido pela planta;
- disponibilidade e acessibilidade do alimento fornecido pela planta ao inimigo natural;
- atratividade das plantas fornecedoras do alimento ao inimigo natural;

d) utilização dos recursos fornecidos pelas plantas por outros membros da teia alimentar presentes no agroecossistema em questão.

Como foi aqui descrito, já há várias técnicas de controle biológico conservativo passíveis de uso e outras que ainda precisam de estudos complementares para avaliação da sua eficácia. No entanto, o próprio mercado do agronegócio já exige a demanda das técnicas aqui mencionadas. O comércio de alimentos com selo orgânico e ecológico cresce anualmente e há exigência por mais técnicas de controle fitossanitário compatíveis com as necessidades do mercado. Paralelamente ao agronegócio, existe a conscientização crescente da população para conservação e reciclagem de bens e produtos naturais. Portanto, o controle biológico conservativo é estratégia que deve ser incrementada e aplicada como instrumento de otimização e eficiência para o controle de pragas.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.74, n.1/3 p.19-31, June 1999.
- ANDOW, D.A. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v.36, p.561-586, 1991.
- BAGGEN, L.R.; GURR, G.M.; MEATS, A. Flowers in tri-trophic systems: mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v.91, n.1, p.155-161, Apr.1999.
- BAKER, D.A.; HALL, J.L.; THORPE, J.R. A study of the extrafloral nectaries of *Ricinus*

Livre seu Plantio das Pragas com produtos da Bio Controle.



Ingrediente Ativo — Fosfato Férrico 1%

Ferramol

Moluscida para controle de Lesmas e Caracóis.

- PROTEÇÃO TOTAL
- RESISTENTE A ÁGUA
- EFICIÊNCIA COMPROVADA



Bt aizawai + Bt kurstaki



O inseticida biológico inimigo nº1 das lagartas



Com as armadilhas e feromônios Bio Controle o Agricultor tem total precisão e eficiência no Controle das Pragas.



Métodos de Controle de Pragas Ltda.

FERRAMOL é a única registrada da VITNEUDORFF Control Inc. Alemanha
 FERRAMOL é registrada pela VITNEUDORFF Control Inc. Alemanha

www.biocontrole.com.br

SP (011) 3834 1627

- communis*. **New Phytologist**, v.81, n.1, p.129-137, June 1978.
- BARBOSA, P. **Consevation biological control**. San Diego: Academic Press, 1988. 396p.
- BEZERRA, M.A.S.; OLIVEIRA, M.R.V. de; VASCONCELOS, S.D. Does the presence of weeds affect *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) infestation on tomato plants in semi-arid agro-ecosystem? **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.6, p.769-775, Nov./Dec. 2004.
- BOTTRELL, D.G.; BARBOSA, P.; GOULD, F. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: a realistic strategy? **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.43, p.347-367, 1998.
- EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. **BioControl**, v.46, n.4, p.387-400, Dec. 2001.
- FINKE, D.L.; DENNO, R.F. Intraguild predation diminished in complex-structured vegetation: implications for prey suppression. **Ecology**, v.83, p.643-652, 2002.
- GRAVENA, S. Controle biológico no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.281-299, abr.1992. Edição especial.
- GURR, G.M.; WRATTEN, S.D.; LUNA, J.M. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. **Basic and Applied Ecology**, v.4, n.2, p.107-116, 2003.
- HALAJ, J.; CADY, A.B.; UETZ, G.W. Modular habitat refugia enhance generalist predators and lower plant damage in soybeans. **Environmental Entomology**, College Park, v.29, n.2, p.383-393, Apr. 2000.
- JONSSON, M.; WRATTEN, S.D.; LANDIS, D.A.; GURR, G.M. Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. **Biological Control**, v.45, n.2, p.172-175, May 2008.
- KHAN, Z.R.; JAMES, D.G.; MIDEGA, C.A.O.; PICKETT, J.A. Chemical ecology and conservation biological control. **Biological Control**, v.45, n.2, p.210-224, May 2008.
- LANDIS, D.A.; WRATTEN S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.45, p.175-201, 2000.
- MATOS, C.H.C.; PALLINI, A.; CHAVES, F.F.; GALBIATI, C. Domácias do cafeeiro beneficiam o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae)? **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.1, p. 57-63, jan./fev. 2004.
- MEDEIROS, M.A. de. **Papel da biodiversidade no manejo da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera: Gelechiidae)**. 2007. 145 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- MURPHY, B.C.; ROSENHEIM, J.A.; DOWELL R.V.; GRANETT, J. Habitat diversification tactic for improving biological control: parasitism of the western grape leafhopper. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.87, n.3, p. 225-235, June 1998.
- NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SCHRAAG, R.; SABELIS, M.W. Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 27, n.1/2, p.57-68, Jan. 2002.
- RESENDE, A.L.S. **Comunidade de joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) e aspectos fitotécnicos da couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) em consórcio com o coentro (*Coriandrum sativum*), sob manejo orgânico**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.
- RIJN, P. C.J. van; HOUTEN, Y.M. van; SABELIS, M.W. How plants benefit from providing food to predators even when it is also edible to herbivores. **Ecology**, v.83, p.2664-2667, 2002.
- _____; TANIGOSHI, L.K. Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. **Experimental and Applied Acarology**, v.23, n.10, p.785-802, Oct. 1999.
- ROOT, R.B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monographs**, Durham, v.43, n.1, p. 95-124, Jan. 1973.
- ROSADO, M.C. **Plantas favoráveis a agentes de controle biológico**. 2007. 59f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- SABELIS, M.; JANSSEN A.; PALLINI A.; VENZON, M.; BRUIN J.; DRUKKER B.; SCUTAREANU, P. Behavioural responses of predatory and herbivorous arthropods to herbivore induced-plant volatiles: from evolutionary ecology to agricultural applications. In: AGRAWAL, A.A.; TUZUN, S.; BENT. E. (Ed.). **Induced plant defenses against pathogens and herbivores: biochemistry, ecology and agriculture**. St. Paul: APS Press, 1999. p.269-297.
- STANLEY, R.G.; LINSKENS, H.G. **Pollen: biology, biochemistry and management**. Berlin: Springer-Verlag, 1974. 307p.
- SUJII, E.R.; TIGANO, M.S.; SOSA-GOMES, D. Simulação do impacto do fungo *Nomuraea rileyi* em populações da lagarta da soja, *Anticarsia gemmatalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p.1551-1558, nov. 2002.
- TOGNI, P.H.B. **Bases ecológicas para o manejo de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em sistemas orgânicos de produção de tomate**. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2009.
- _____; FRIZZAS, M.R.; MEDEIROS, M.A.; NAKASU, E.Y.T.; PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R.S. Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob manejo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n. 2, p.179-184, abr./jul. 2009. No prelo.
- VANDERMEER, J. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237p.
- VENZON, M.; ROSADO, M.da C.; EUZÉBIO, D.E.; PALLINI, A. Controle biológico conservativo. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J.de; PALLINI, A. (Coord.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2006a. p. 1-22.
- _____;_____;_____; SOUZA, B.; SCHOEREDER, J.H. Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera:Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.3, p. 371-376, May/June 2006b.
- WACKERS, FL.; RIJN, P.C.J.van; BRUIN, J. (Ed.). **Plant provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications**. Cambridge: Cambridge University, 2005. 356p.
- WADE, M.R.; ZALUCKI, M.P.; WRATTEN S.D.; ROBINSON, K.A. Conservation biological control of arthropods using artificial food sprays: current status and future challenges. **Biological Control**, v.45, n.2, p.185-199, May 2008.
- WALTER, D.E. Living on leaves: mites, tomenta, and leaf domatia. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.41, p.101-114, 1996.

Controle biológico de pragas com uso de insetos predadores

Jorge Braz Torres¹
Cristina Schetino Bastos²
Dirceu Pratissoli³

Resumo - Os insetos predadores desempenham papel importante nos agroecossistemas, pois são componentes-chave do manejo integrado de pragas. O *habitat* desses organismos é variado, assim como sua dieta, pois são capazes de utilizar inúmeras espécies como presas. Apesar da importante contribuição ao controle natural de pragas, os estudos que resultaram na implantação de programas de controle biológico, empregando insetos predadores no Brasil, são poucos. A modalidade mais utilizada para o controle biológico com insetos predadores tem sido a conservação. Todavia, a grande capacidade de os insetos predadores utilizarem uma variedade de presas e *habitats* favorece seu estabelecimento nos agroecossistemas, mesmo sob condições de baixas densidades de pragas, comuns no início da sucessão dos agroecossistemas. Tendo em vista a natureza dinâmica e efêmera das lavouras anuais, aqueles predadores que exibem comportamento generalista e onivoria são os mais indicados para uso nessa condição, já que essas características podem garantir o sucesso na colonização do ambiente. Para que o uso de insetos predadores no Brasil seja incrementado, há a necessidade de que a pesquisa atue para possibilitar a seleção de espécies-chave e o entendimento de sua ecologia, visando a sua conservação ou mesmo a produção massal para liberação.

Palavras-chave: Controle alternativo. Biocontrole. Agroecossistemas. Conservação. Biodiversidade.

INTRODUÇÃO

O controle biológico pode ser o resultado dos diversos tipos de interações (parasitismo, competição ou predação) entre dois ou mais organismos, o que ocasiona redução no crescimento populacional do organismo-alvo. A interação inseto, predador e praga agrícola (presa) é o foco deste artigo.

A redução populacional de pragas em decorrência da predação tem sido divulgada e explorada por várias décadas. Entretanto, a contribuição real dos predadores no controle de pragas é de difícil

constatação. Em parte, por causa das particularidades da interação predador-presa, com base no consumo total ou parcial de uma ampla gama de presas, sem deixar sinais da predação. Assim, pela natureza dessa relação, a predação é um fenômeno de difícil constatação e mensuração.

Uma das hipóteses de sustentação da importância dos predadores nos agroecossistemas advém do fato de que, apesar de as plantas cultivadas hospedarem inúmeros herbívoros, poucos atingem densidades equivalentes aos níveis de dano econômico. Alguns ecologistas acreditam que surtos populacionais de pragas ocorrem,

em sua maioria, quando eventos ambientais não controlados interferem na dinâmica populacional de predadores generalistas, na presença de baixas densidades populacionais das pragas (KLEMOLA et al., 2002; DWYER et al., 2004). Assim, a principal ação dos predadores verifica-se sob baixas densidades populacionais das pragas, comuns na fase de colonização das lavouras. Desse modo, os predadores precisam ser conservados, para que haja incremento dessa ação, com manutenção das densidades das pragas abaixo dos limiares de dano econômico.

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Prof. Adj. UFRPE - Dep^o Agronomia-Entomologia, CEP 52171-900 Recife-PE. Correio eletrônico: jtorres@depa.ufrpe.br

²Eng^a Agr^a, D.S., Prof^a Adj. UNB - Faculdade Agronomia e Veterinária, CEP 70910-900 Brasília-DF. Correio eletrônico: cschetino@unb.br

³Eng^o Agr^o, D.S., Prof. Associado UFES, Caixa Postal 16, CEP 29500-000 Alegre-ES. Correio eletrônico: pratissoli@cca.ufes.br

Diversos livros-textos e revisões sobre controle biológico com insetos predadores estão disponíveis, incluindo dois números do Informe Agropecuário (n.104, 1983 e n.167, 1991). A publicação de três livros durante esta década merece destaque: “Handbook of Biological Control (1999)”, “Natural Enemies Handbook: The Illustrated Guide to Biological Pest Control (1999)” e “Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores (2002)”. Adicionalmente, caso o interesse seja em um enfoque mais específico, pode-se recorrer a “Agentes de Controle Biológico: Metodologias de Criação, Multiplicação e Uso (2006)” e “Controle Biológico de pragas: Produção Massal e Controle de Qualidade (2000)”. Uma perspectiva do potencial dos insetos predadores, algumas de suas características relevantes, bem como algumas possibilidades para implementar o controle biológico com insetos predadores nos agroecossistemas, são apresentadas neste artigo.

CARACTERIZAÇÃO DE INSETOS PREDADORES

No sentido *stricto sensu*, predadores são organismos carnívoros e, mais especificamente, aqueles que subjagam e consomem suas presas, não as utilizando como hospedeiro para o seu desenvolvimento. No Quadro 1, são apresentadas características biológicas e comportamentais de insetos predadores e parasitoides.

Os insetos predadores, para completarem um ciclo, consomem várias presas

pertencentes à mesma espécie ou a espécies diferentes, ao passo que os parasitoides restringem-se a um hospedeiro. Os predadores, por subjagarem suas presas, tendem a ajustar o tamanho delas à sua eficiência de manipulação, salvo situações quando o ataque à presa é feito em grupo. Formigas predadoras, ninfas de percevejos e outros podem exibir o comportamento de ataque em grupo, conseguindo, assim, manipular presas de tamanho superior ao seu tamanho. Após o ataque, a presa pode ser consumida imediatamente, no caso dos predadores mastigadores, tais como as joaninhas e as vespas, ou ingerida tão logo ocorra a liquefação de seus tecidos, como no caso dos predadores sugadores. Os parasitoides, por sua vez, utilizam a estratégia de manipular o sistema imunológico e fisiológico do hospedeiro, especialmente os parasitoides de larvas, sincronizando seu desenvolvimento com o do hospedeiro (cenobiontes), ou a de matar o hospedeiro na fase parasitada (idiobiontes), não permitindo que seu desenvolvimento seja completado, como nos casos dos parasitoides de ovos e pupas.

Na fase adulta, os predadores continuam alimentando-se de presas, da mesma forma como fazem na fase imatura. Existem raras exceções para este comportamento e entre estas têm-se os adultos de predadores pertencentes ao gênero *Chrysoperla* e da família Syrphidae, que se alimentam de néctar e pólen. Já os parasitoides alimentam-se na fase adulta de néctar e/ou hemolinfa do hospedeiro.

Os insetos predadores, em sua maioria, são generalistas ou onívoros, sendo a especificidade considerada exceção (ex.: *Rodolia cardinalis*, *Chrysopa slossolae*). Por outro lado, os parasitoides tendem a ser específicos (monófagos) ou concentrar seu ataque dentro de um mesmo grupo de hospedeiros (parasitoide de pulgões, ovos, lagartas e pupas).

O parasitismo, com desdobramentos sobre o controle de pragas, é resultante do potencial biótico do parasitoide adulto. Dessa forma, após a colonização do agroecossistema pelos parasitoides ou de sua liberação, podem-se obter altas taxas de parasitismo em curto tempo. No caso dos predadores, as taxas de predação são dependentes do consumo e, assim, ao serem saciados, há uma estabilização na predação. De modo geral, os insetos predadores mastigadores ou sugadores atacam, matam e consomem suas presas. A forma de manipulação das presas pelos predadores sugadores é influenciada pelo tipo de presa e por fatores do ambiente, bem como pelo próprio comportamento de ataque – injeção de toxinas e enzimas, digestão extraoral dos tecidos das presas e ingestão do conteúdo liquefeito (COHEN, 1990). Dentre os predadores sugadores, existem aqueles que injetam as enzimas nas presas, por meio de um canal salivar, e ingerem o conteúdo destas pelo canal alimentar (Hemiptera). Outros realizam fluxo e refluxo pelo mesmo canal (Neuroptera).

QUADRO 1 - Características biológicas e comportamentais de predadores e parasitoides

Característica	Predadores	Parasitoides
Exigência para completar o ciclo	Várias presas	Um hospedeiro
Tamanho do hospedeiro/presa	Presa usualmente menor que o predador	Hospedeiro maior que o parasitoide
Forma de subjugar o alvo	Mata e consome de imediato	Parasita e pode ou não permitir certo desenvolvimento
Fase de atuação	Imatura e adulta	Imatura
Fase adulta	Adulto predador, com exceções	Adultos de vida livre
Especificidade	Tendem a ser generalistas	Tendem a ser especialistas
Ação de controle	Mediada pela saciação	Mediada pela resposta reprodutiva
Crescimento populacional	Não necessariamente associado à alta densidade de uma determinada presa	Usualmente atrelado às altas densidades do hospedeiro

Os insetos predadores são considerados, em sua maioria, generalistas, existindo poucos exemplos de espécies especialistas. Os termos generalista e polífago remetem à mesma concepção em relação à amplitude de dieta, sendo, portanto, empregados como sinônimos. Neste artigo, serão empregados os termos especialista e generalista, uma vez que a monofagia e a polifagia são termos difundidos para denominação de fitófagos.

As espécies generalistas são relativamente mais diversas do que as oligófagas, que, por sua vez, apresentam maior diversidade do que as espécies esternófagas e especialistas. Várias dessas categorias de predadores podem ser encontradas na família Coccinellidae, que possui espécies bastante especializadas, tais como a joaninha *Rodolia cardinalis* predadora de *Icerya purchasi* e espécies bastante generalistas, como é o caso de *Harmonia axyridis*. Entre os extremos, existem as espécies de hábito alimentar intermediário, as esternófagas, que se aproximam das monófagas, e oligófagas, que se aproximam das generalistas. As espécies esternófagas adotam estratégias que lhes permitem utilizar mais de uma espécie como presa, apesar da preferência por uma dada espécie. Esse é o caso das joaninhas *Stethorus*, que se alimentam de ácaros de diferentes espécies e gêneros, havendo, contudo, forte correlação entre seu crescimento populacional e a ocorrência de determinadas espécies de ácaros. Já a joaninha *Cycloneda sanguinea*, muito encontrada nos agroecossistemas associados às colônias de pulgões, é considerada como uma espécie oligófaga, capaz de predação de mosca-branca, ovos e pequenas larvas de lepidópteros e ácaros.

Apesar de a categorização entre especialista e generalista ser didática, existem variações em ambos os sentidos. Predadores generalistas podem exibir preferência por uma determinada presa ou por um determinado estágio de seu desenvolvimento. Outros predadores vão além da utilização de diferentes espécies de artrópodes como presa e empregam recursos de diferentes

níveis tróficos como complemento de dieta e são denominados predadores onívoros. À medida que os estudos sobre a ecologia de insetos predadores avançam, a onivoria tem sido considerada comum e importante para o desempenho dessas espécies (COLL; GUERSHON, 2002; SYMONDSON et al., 2002). Aqueles predadores que não utilizam outra fonte de alimento além da presa são considerados zoófagos ou carnívoros. Aqueles que utilizam material vegetal em complemento à dieta, mas não completam o desenvolvimento alimentando-se apenas de plantas, são denominados zoofitófagos verdadeiros (predadores onívoros). De maneira oposta, os organismos fitozoófagos são predadores facultativos, capazes de desenvolverem-se tanto em uma dieta com base exclusivamente em plantas, quanto naquela em que exercitem atividade de predação casual.

Assim, insetos predadores podem ser categorizados de diferentes formas quanto ao hábito alimentar e esse conhecimento é importante para o controle biológico. Nesse sentido, por ocasião da introdução de espécies exóticas, normalmente dá-se preferência às espécies com baixa amplitude de presas, visando eliminar ou minimizar o impacto sobre organismos não-alvo, bem como aumentar as chances de eficiência no controle da praga-alvo. As espécies com hábito generalista, no entanto, têm demonstrado facilidade em se estabelecer nos agroecossistemas com diversidade de presas, que favorecem a colonização e a permanência destas (SYMONDSON et al., 2002).

Alguns insetos predadores podem atacar qualquer estágio de desenvolvimento da presa, outros preferem uma determinada fase do desenvolvimento desta presa. Além disso, há espécies que possuem variações no hábito alimentar de acordo com o seu desenvolvimento ou fase do ciclo de vida. Este é o caso da maioria das espécies do gênero *Chrysoperla*, que não são predadores na fase adulta, com exceção de *Chrysoperla nigricornis*, que se alimenta de pulgões durante a fase adulta. Todavia, o caso mais

curioso está reservado a algumas espécies de percevejos Miridae que são fitófagas nos primeiros instares e à medida que se desenvolvem tornam-se predadoras. Há ainda, as espécies que se desenvolvem por hipermetabolismo, apresentando diferentes formas larvais, que são predadoras vorazes e ativas nos primeiros instares (Mantispidae) ou variam entre o hábito predador e fitófago, como ocorre em *Epicauta*.

Os predadores desenvolveram estratégias para obter sucesso no ataque. Assim, predadores de ovos e pupas, cochonilhas e pulgões devem forragear em busca da presa, pois essas não se locomovem, são ápteras ou sésseis, em sua maioria. Outros podem exibir comportamento de perseguir (Asilidae, Odonata) ou permanecer à espera da presa e atacar por emboscada. Neste caso, a estratégia empregada pode envolver mimetização do ambiente, como verificado em Mantodea e Phymatidae, ou a construção de armadilhas, como observado entre as larvas de Cincidellidae e Myrmeliontidae, ambas visando facilitar a captura da presa.

Como os predadores usualmente são insetos grandes, se comparados às presas atacadas, algo que os torna facilmente visíveis nas plantas, também precisam defender-se de seus inimigos naturais via camuflagem, secreções de defesa, coloração aposemática e outras. Um exemplo de camuflagem pode ser verificado entre as larvas de algumas espécies de joaninhas (*Scymnus*, *Pentilia*, *Azya*), que se alimentam de cochonilhas e secretam cerosidade, assemelhando-se às suas presas. Caso parecido ocorre com larvas de algumas espécies de bicho-lixo (*Ceraeochrysa*), que carregam sobre o corpo restos de suas presas e suas exúvias, tornando-as irreconhecíveis.

DIVERSIDADE DE INSETOS PREDADORES

Existem representantes de insetos predadores em diversas famílias e estes apresentam diferentes histórias de vida, com grande variabilidade em relação ao local onde vivem e à forma como atuam

ao perseguir e atacar suas presas. A diversidade de insetos incluídos na categoria de predadores pode variar com a definição empregada para o termo predação, se facultativa ou obrigatória. As únicas ordens que não apresentam insetos predadores são Isoptera, Phasmatodea, Phthiraptera, Strepsiptera, Psocoptera e Siphonaptera (NEW, 1991). Além da diversidade de espécies, o *habitat* das espécies predadoras pode variar consideravelmente. Há espécies que vivem exclusivamente em ambientes aquáticos (Nepidae, Gerridae, Dysticidae), enquanto outras vivem parte da vida em ambiente aquático e parte em ambiente terrestre, a exemplo dos odonatas (larvas aquáticas e adultos terrestres) e algumas são exclusivamente terrestres, como é o caso das espécies de predadores de importância agrônômica.

A descrição da história de vida de cada grupo ou espécie deve ser cuidadosamente explorada, por meio de fontes de referências especializadas, em virtude da grande diversidade de predadores e modos de vida existentes, algo que inviabiliza padronizações ou generalizações. O reconhecimento das principais espécies de ocorrência nos agroecossistemas é essencial à adoção de práticas para conservação. A identificação correta dos predadores é de grande importância, pois pode evitar equívocos comuns, tais como a adoção de medidas de controle contra joaninhas que se encontrem associadas às colônias de pulgões, acreditando tratar-se de crisomelídeos desfolhadores. Da mesma forma, a ocorrência de percevejos predadores Pentatomidae pode ser facilmente confundida com a de seus parentes fitófagos.

Uma característica muito utilizada para distinção entre percevejos fitófagos e predadores é o comprimento e a posição do estilete, que, no caso de predadores, é reto e quase nunca ultrapassa o segundo par de pernas, sendo solto na região da búcula (Fig. 1). Além disso, enquanto o estilete dos predadores forma um ângulo de 180° com o corpo (posição de ataque e

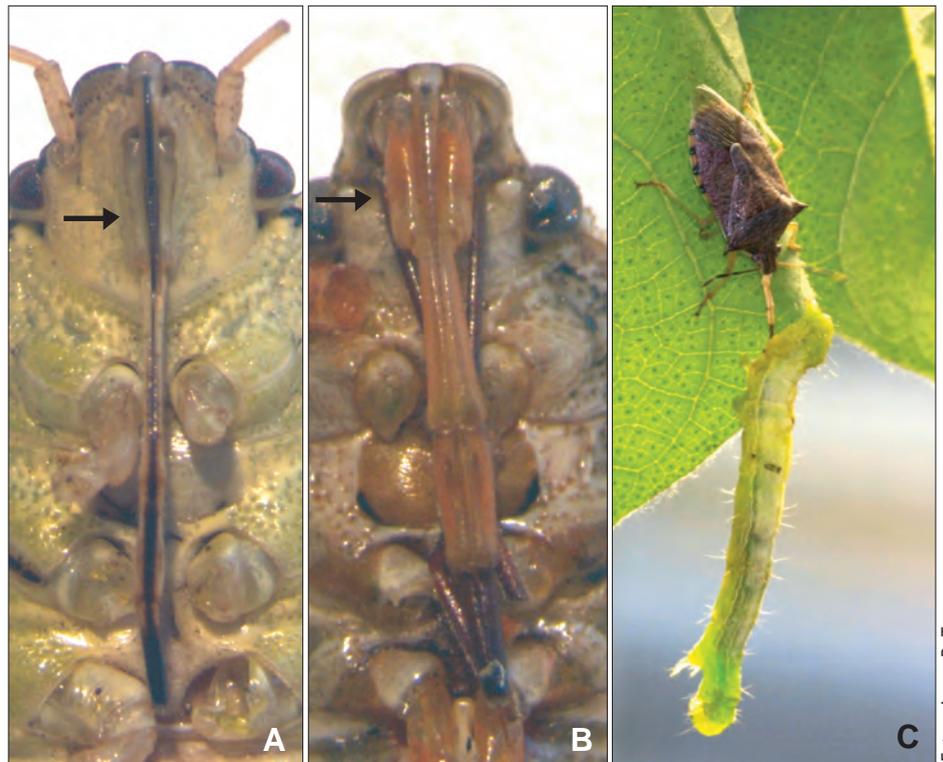


Figura 1 - Posição de inserção do estilete na búcula de espécies de Pentatomidae

NOTA: A - Pentatomidae fitófago (*Euschistus*); B - Pentatomidae predador (*Podisus*); C - *Podisus* predando lagarta de *Pseudoplesia includens* demonstrando ângulo de 180° do rostrum em relação ao corpo.

Fotos: Jorge B. Torres

alimentação da presa), o estilete dos fitófagos somente se inclina a 90°, em relação ao corpo, por estar preso na búcula, é longo e ultrapassa o segundo par de pernas.

A diferenciação entre joaninhas e alguns crisomelídeos é ainda mais complexa, se realizada a campo, pois requer certa prática. Uma das características diferenciadoras, o número de tarsômeros, é de difícil verificação a campo. Todavia, algumas características tais como formato do corpo usualmente redondo, aproximando-se do formato esférico, cabeça comumente recoberta pelo pronoto e cores brilhantes também auxiliam no reconhecimento. Além dessas características, as antenas das joaninhas são curtas e apresentam antenômeros terminais dilatados em forma de clava, enquanto que em crisomelídeos são longas e sem a dilatação dos antenômeros em forma de clava.

As espécies predadoras mais estudadas e exploradas para o controle biológico de

pragas agrícolas pertencem às ordens Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera e Neuroptera. Para as demais ordens (Mantodea, Odonata e Thysanoptera), que possuem espécies com reconhecida ação predatória, o volume de conhecimento acumulado sobre a sua biologia, aliado a um complexo modo de vida, é reduzido, dificultando a manipulação para incremento do controle biológico. No entanto, constituem importantes predadores que devem ser conservados nos agroecossistemas.

Coleoptera

A ordem Coleoptera é considerada a mais diversa e dispersa, nos mais variados *habitats*. Possui espécies predadoras nas famílias Coccinellidae, Carabidae e Cincindellidae (Fig. 2) e, em menor extensão, nas famílias Staphylinidae, Histeridae, Cantharidae e Lampyridae. As joaninhas (Coccinellidae) pertencem a um dos grupos de inimigos naturais mais apreciados, por

meio de sua ocorrência frequente, diversidade e contribuição ao controle biológico. São comumente encontradas associadas aos pulgões, ácaros, moscas-brancas, cochonilhas, psilídeos e outras espécies, embora possam ser vistas locomovendo-se por toda a planta, onde predam ovos de outros insetos e lagartas pequenas.

Além das espécies de joaninhas comumente encontradas nos agroecossistemas e em áreas de vegetação nativa, a espécie *Cryptolaemus montrouzieri* foi introduzida recentemente no Brasil e, também, foi constatada a ocorrência da joaninha multicolorida da Ásia, *Harmonia axyridis*, em território brasileiro, nos estados do RS, DF, MG, SP e MS. Esta espécie é conhecida pela voracidade, capacidade competitiva e habilidade em dispersar-se.

Com os avanços no conhecimento da bioecologia de joaninhas, a grande dificuldade que se impõe ao seu uso aplicado nos agroecossistemas diz respeito à rápida emigração das áreas de liberação. A alta mobilidade, no entanto, favorece a dispersão entre os agroecossistemas, especialmente, em relação à procura por infestações das presas. Portanto, estudos que busquem alternativas para atrair e manter as joaninhas nas áreas-alvo devem ser priorizados.

Os carabídeos (Carabidae) têm ocorrência comum nos agroecossistemas. São considerados o segundo grupo mais importante de predadores em Coleoptera. Geralmente são encontrados no solo, podendo, contudo, sair à procura de presas no dossel das plantas durante a noite. Destacam-se por ser extremamente generalistas, possuindo presas até mesmo fora da classe Insecta, tais como caramujos e minhocas.

Os entomologistas têm demonstrado interesse pelos carabídeos, por sua aplicabilidade como insetos indicadores da qualidade de ambientes e potencial para o controle biológico natural. Os gêneros *Calosoma*, *Callida* e *Lebia* (Fig. 2) são bastante comuns nos agroecossistemas brasileiros. A metodologia para a criação de carabídeos vem sendo desenvolvida,

porém esses ainda não são multiplicados em larga escala.

A família Cicindellidae, às vezes considerada como subfamília de Carabidae, será tratada neste artigo como família distinta, uma vez que suas larvas diferem grandemente das dos carabídeos, na morfologia e no comportamento de ataque às presas. São insetos facilmente reconhecidos pelas mandíbulas grandes, olhos destacados e pernas longas (Fig. 2). Tanto a larva quanto os adultos são predadores. As larvas desenvolvem-se em orifícios circulares e verticais, construídos no solo, e os adultos fazem o forrageamento por presas na superfície do solo. Apesar do hábito predominantemente diurno dos adultos, constatado pelo tamanho dos olhos e por sua intensa atividade nesse período do dia, podem também apresentar atividade predatória noturna.

As espécies pertencentes às famílias Staphylinidae, Histeridae, Cantharidae e Lampyridae são predadores de menor ocorrência, sendo as famílias Staphylini-

dae e Histeridae as mais encontradas nos agroecossistemas. Os estafilínídeos ou potós são encontrados predominantemente no solo. Por ocorrer em estrumes e material em decomposição, são citados como predadores de larvas de dípteros. Espécies do gênero *Tachyporus*, além de alimentarem-se de fungos, também são predadoras de pulgões, tais como *Sitobion avenae*. O mesmo pode ser dito em relação à espécie *Paederus brasiliensis*.

Os besouros histerídeos são encontrados em ambientes úmidos, em material em decomposição. Larvas e adultos ocorrem em rizoma de bananeira, predando larvas e pupas do moleque-da-bananeira. Também são predadores de larvas de dípteros em material em decomposição e esterco. No Brasil, *Omalodes foveola* e *Hololepta quadridentata* são citados como predadores de larvas do moleque-da-bananeira e *Oxysternus maximus* é considerado como importante no controle natural da broca-do-olho-do-coqueiro, *Rhyncophorus palmarum*.



Figura 2 - Adultos de coleópteros predadores

NOTA: A - *Coleomegilla maculata* (Coccinellidae); B - *Harmonia axyridis* (Coccinellidae); C - *Megacephala carolina* e *Megacephala virginica* (Cicindellidae); D - *Lebia* sp. (Carabidae).

Dermaptera

Os insetos da ordem Dermaptera são alongados, de coloração predominantemente marrom a marrom-escura e conhecidos como tesourinhas (Fig. 3). São encontrados no solo, no meio de rachaduras e de restos culturais. As fêmeas normalmente fazem galerias a poucos centímetros da superfície do solo, onde depositam os ovos e passam todo o período de incubação protegendo-os. De modo geral, o forrageamento por presas é feito à noite, tanto no solo, quanto no dossel das plantas, constituindo eficientes predadores de pulgões, mosca-branca, ovos, lagartas e pupas em geral.

As tesourinhas têm sido consideradas predadoras potenciais de pragas, que se localizam em partes protegidas das plantas tais como bainhas foliares, brácteas de flores e entre folhas, em virtude do tigmotropismo positivo, comportamento que

faz com que procurem por locais úmidos e escuros. As famílias Anisolabididae (=Carcinophoridae), Forficulidae, Labiduridae e Labiidae possuem ocorrência no Brasil. Dentre essas famílias, Labiidae possui espécies pouco conhecidas como agentes de controle biológico.

Espécies pertencentes à família Forficulidae têm sido as mais citadas como agentes de controle biológico. *Doru luteipes* e *D. lineare* são potenciais agentes de controle biológico no Brasil. *D. luteipes* tem sido estudada tanto como agente de controle biológico natural, quanto para multiplicação e liberações a campo. A metodologia de criação, incluindo os cuidados de coleta e estabelecimento da criação, é descrita em Cruz (2000), onde há menção à importância de *D. luteipes* como predador-chave de pulgões, posturas e neonatas de lepidópteros, em especial, de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho.

Na família Anisolabididae (=Carcinophoridae), a espécie comumente encontrada no Brasil é *Euborellia annulipes* (Fig. 3). Esta é citada como predadora de larvas e ovos do moleque-dabananeira, ovos e neonatas de *Diatraea* em milho, ovos e neonatas de cigarrinhas em cana. Na família Labiduridae, *Labidura riparia* (Fig. 3) é a espécie mais comum e preda diversas pragas importantes. É facilmente reconhecida pelo tamanho relativamente grande, quando comparada às demais espécies de tesourinhas.

Diptera

Cerca de 30% das famílias de Diptera são predadoras em alguma fase da vida (HAGEN, 1987). Dentre essas, quatro possuem espécies predadoras de importância agrícola: Syrphidae, Cecidomyiidae, Dolichophodiidae e Asilidae. Outras famílias, tais como: Chamaemyiidae, Chaoboridae, Lonchaeidae, Empididae, Mydidae, Rhagionidae, Sciomyzidae, Lonchaeidae e Therevidae possuem espécies predadoras de organismos sem importância agrícola. Além disso, a maioria vive em ambiente aquático.

As espécies pertencentes à família Syrphidae são as mais importantes como agentes de controle biológico. Os adultos possuem olhos grandes e muitos mimetizam vespas e abelhas (Fig. 4). São, usualmente, encontrados sobre flores alimentando-se de pólen e néctar, principalmente no período de maturação do sistema reprodutivo. Podem, ainda, alimentar-se da mela ou *honeydew* produzido pelos pulgões. As fêmeas depositam seus ovos próximos às colônias de pulgões. As larvas emergem em torno de cinco dias, possuem aparelho bucal sugador e suspendem o pulgão durante o tempo de manipulação. A larva forma pupários que são aderidos ao substrato e possuem o formato de gotas de água. A emergência dos adultos pode ser constatada pela presença de manchas, supostamente “mecônio”, no local de fixação do pupário. Informações sobre as principais espécies que ocorrem no Brasil são apresentadas por Auad (2006). Diversas espécies são

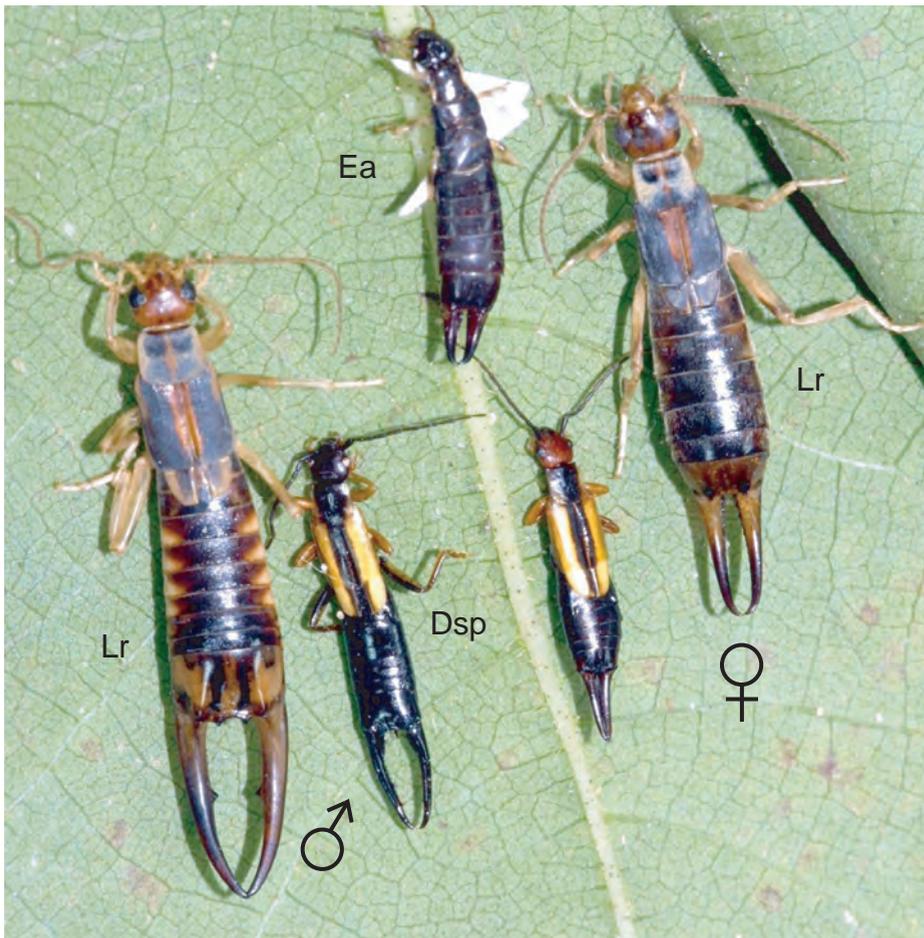
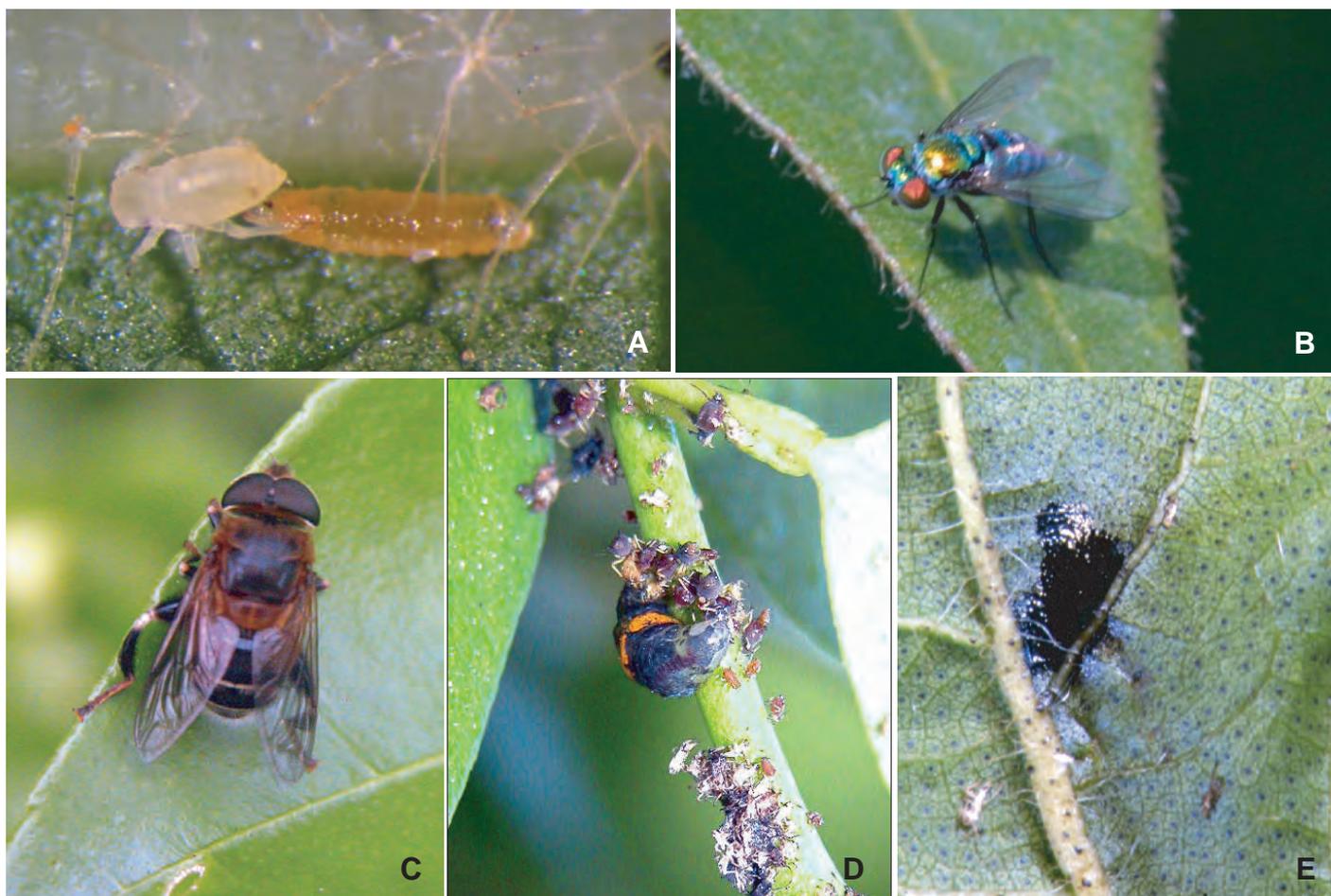


Figura 3 - Exemplos de *Labidura riparia* (Lr), *Doru* sp. (Dsp) e *Euborellia annulipes* (Ea)

Jorge B. Torres



Fotos: Jorge B. Torres

Figura 4 - Dípteros predadores

NOTA: A - Larva de *Aphidoletes* sp. (Cecidomyiidae) predando pulgão em algodoeiro; B - Adulto da mosca azul (Dolichopodidae); C - Adulto de mosca Syrphidae; D - Larva de mosca Syrphidae atacando pulgões em brotações de citros; E - Mecônio deixado após a emergência de adultos.

citadas como importantes, tais como: *Salpingogaster*, *Baccha*, *Pseudodorus*, *Allograpta* e *Toxomerus*.

A multiplicação de sirfídeos em insetários para liberação possui o empecilho da falta de uma dieta alternativa, necessitando da criação de pulgões a serem utilizados como presa. Portanto, o método mais usual de incrementar as densidades populacionais é a conservação das populações de ocorrência natural, que pode ser conseguida pela manutenção de refúgio composto por espécies produtoras de flores cultivadas ao redor das lavouras e canteiros e manejo das espécies espontâneas que ocorrem nas entrelinhas de plantas arbóreas.

As moscas Cecidomyiidae possuem antenas longas com mais de seis antenômeros e asas de venação reduzida. Algumas espécies destacam-se como importantes

predadoras de ácaros (*Feltiella*) e de pulgões (*Aphidoletes*). O gênero *Aphidoletes* possui três espécies que são predadoras especialistas de pulgões (Fig. 4). Essa espécie tem sido multiplicada em insetários e comercializada como agente de controle biológico de pulgões em casa de vegetação. No Brasil, não existem informações do uso aplicado de cecidomídeos para o controle de pulgões.

Moscas Dolichopodidae são relativamente pequenas, com pernas longas e de coloração verde ou azul-metálica (Fig. 4). Podem ser encontradas em habitats variados como em cultivo de brássicas, algodão e feijão, quando infestados com pulgões e moscas-brancas.

As moscas Asilidae capturam suas presas pelas asas durante o voo, sendo

incomum capturá-las quando em repouso. A ecologia dessas moscas é pouco conhecida e a contribuição ao controle biológico de pragas é pouco entendida. Bueno (1987) observou que a espécie *Porasilus barbiellinii* exibe notável capacidade de busca e predação de cigarrinhas-das-pastagens, *Deois flavopicta*.

Hemiptera

Exemplares da subordem Heteroptera apresentam alimentação e habitat diversificados, sendo predominantemente fitófagos, apesar de um grupo relativamente grande ser predador. Desse grupo, várias espécies de Anthocoridae, Geocoridae, Pentatomidae, Nabidae, Reduviidae e Miridae são exploradas como agentes de controle biológico.

Os antocorídeos (Anthocoridae) são percevejos utilizados como agentes de controle biológico. *Orius* e *Anthocoris* são os dois principais gêneros que englobam a maioria das espécies predadoras, seguidos por *Lyctocoris*, *Xylocoris* e *Montandoniola*. A biologia, comportamento, ecologia e potencial predatório das principais espécies de Anthocoridae são descritas em Braman (2000). Espécies como *Orius insidiosus* (Fig. 5), *O. tristicolor*, *O. sauteri*,

e *Anthocoris nemorum* são produzidas e utilizadas no controle biológico de pragas, especialmente, em cultivos protegidos.

Os percevejos Geocoridae ou percevejos olhudos, assim denominados por possuírem cabeça mais estreita que o tórax destacando-se os olhos compostos (Fig. 5) possuem 14 gêneros, sendo que *Geocoris* engloba a maioria das espécies. Usualmente, a população de *Geocoris* é relativamente baixa no estágio inicial da sucessão dos

agroecossistemas. Dessa forma, uma correlação positiva entre a ocorrência de *G. punctipes* e a densidade de posturas de *Heliothini* em algodoeiro só foi possível de ser estabelecida quando houve uma antecipação em dez dias da ocorrência do predador (TORRES; RUBERSON, 2006). Entretanto, do meio para o final do ciclo do algodoeiro, as densidades de *G. punctipes* podem atingir de cinco a seis indivíduos (ninfas + adultos) por pano de batida em



Figura 5 - Percevejos predadores

NOTA: A - Adulto de *Tropiconabis* (Nabidae); B - Adulto de *Podisus* (Pentatomidae); C - Adulto de *Zelus* (Reduviidae); D - Adulto de *Geocoris* (Geocoridae); E - Nínta de *Orius* (Anthocoridae); F - Adulto de *Orius* (Anthocoridae).

1m de fileira. Apesar de *Geocoris* ser citado em inúmeros estudos de levantamento populacional de pragas e inimigos naturais no Brasil, não se tem certeza das espécies que ocorrem no Brasil.

Dentre os percevejos, Pentatomidae (Asopinae) é o grupo mais estudado no Brasil. Um total de 44 espécies de Asopinae é encontrado no País. Espécies dos gêneros *Podisus*, *Alcaeorrhynchus*, *Brontocoris*, *Supputius*, *Oplomus* e *Tynacantha* são usualmente associados a surtos de lagartas em plantios de eucalipto, soja, algodão, girassol, maracujá, brássicas, feijão e outros.

A ocorrência de predadores Pentatomidae é bastante frequente nos agroecossistemas de importância econômica com surtos de lagartas desfolhadoras. Assim, estudos quanto à suscetibilidade a pesticidas, metodologia de criação e liberação, bem como o papel da fitofagia ocasional na sua história de vida têm sido conduzidos. Percevejos Asopinae exibem considerável incremento nos parâmetros da história de vida, tendo acesso à planta hospedeira de suas presas. Por outro lado, ao alimentarem-se de plantas, sofrem impacto dos inseticidas sistêmicos aplicados no solo, por criarem imagem negativa ao produtor quando os veem sugando plantas. Apesar de alimentarem-se ocasionalmente de plantas, não ocasionam injúrias a estas por não possuírem enzimas capazes de destruir o tecido vegetal. Além disso, sua semelhança com os demais percevejos fitófagos, comumente encontrados nas lavouras, faz com que esses sejam contabilizados como percevejos-praga por ocasião do monitoramento. Dessa forma, é importante enfatizar aos produtores a diferenciação entre as espécies fitófagas e predadoras (Fig.1). Detalhes da bioecologia, seletividade de pesticidas, tipos de presas, metodologias de criação empregando presas alternativas ou dieta artificial, bem como liberação no caso de *Podisus nigrispinus* podem ser encontrados na literatura (ZANUNCIO et al., 2002; TORRES et al., 2006).

Em Nabidae, todas as espécies descritas são predadoras (Fig. 5). *Nabis* e *Tropiconabis* são citadas, no Brasil, em levantamentos em algodoeiro, soja, girassol, amendoim, feijão e outras culturas. Percevejos Nabidae possuem ampla distribuição geográfica com, aproximadamente, 380 espécies (LATTIN, 1989). Isso demonstra que, possivelmente, inúmeras outras espécies ainda não foram identificadas no Brasil. Um dos problemas para a condução de estudos com espécies de Nabidae é o fato de exibirem e demandarem forte canibalismo em condições de confinamento e requerem substrato vegetal para a postura endofítica.

Os percevejos Reduviidae são considerados predadores extremamente vorazes e generalistas. Ocorrem em diferentes agroecossistemas e predam qualquer inseto capturado durante a fase adulta, sendo um dos poucos predadores que atacam coleópteros adultos. Este amplo comportamento de ataque estende-se a aranhas, abelhas e a outros inimigos naturais. Nesta última condição, atuam como predadores intra-guilda, um comportamento não desejado no contexto de controle biológico.

O ciclo de vida dos reduvídeos é relativamente longo e os adultos exibem baixa fecundidade, limitando o crescimento populacional, em comparação aos demais percevejos predadores. Por outro lado, a longevidade dos adultos e a capacidade de predação resultam em grande número de presas atacadas ao longo da vida. Entre as espécies comuns estão: *Apiomerus*, *Zelus*, *Montina*, *Sinea* e *Arilus*. Aspectos bioecológicos, assim como informações sobre o uso em controle biológico de insetos dessa família podem ser encontrados em uma extensa revisão por Ambrose (1999).

Entre os percevejos, aqueles pertencentes a Miridae apresentam cúneo no hemiélitro bem demarcado e a extremidade da asa parcialmente voltada para baixo. Os predadores mirídeos atacam, em geral, insetos pequenos. Miridae é um grupo com espécies especialistas e espécies totalmente onívoras capazes de desenvolverem-se exclusivamente alimentando de planta ou presa.

Hymenoptera

A ordem Hymenoptera possui grande diversidade além de ser considerada uma das mais evoluídas quanto ao modo de vida e de espécies benéficas. Como predadoras, destacam-se as formigas (Formicidae) e as vespas de diferentes famílias, especialmente Vespidae e Sphecidae. As demais famílias como Mutilidae, Pompilidae, podem ser consideradas como predadoras, mas de pouca importância agrônoma.

As formigas (Formicidae) são consideradas insetos de grande sucesso na colonização de diferentes *habitats*. As formigas carnívoras alimentam-se de presas ou animais mortos, fungos, néctar, seiva de plantas e *honeydew*, produzido por homópteros. Diversas formigas são predadoras e o gênero *Pheidole* é um dos principais com a maior diversidade de espécies em Formicidae. *Pheidole megacephala* é uma das espécies mais abundantes nos trópicos e preda ovos, larvas e pupas de insetos em geral. O gênero *Solenopsis*, conhecido como formiga-lava-pés, realiza mutualismo com pulgões e cochonilhas. Em algodoeiro, a *Solenopsis* preda larvas de lepidópteros e coleópteros. Como os pulgões ocasionam injúrias que podem ser recuperadas, a *Solenopsis* torna-se uma espécie-chave na comunidade por preda larvas/lagartas de outras espécies muito mais importantes como pragas (Fig. 6). Além dessas, os gêneros *Camponotus*, *Crematogaster* e *Iridomyrmex* são comumente encontrados nos agroecossistemas.

As espécies de Vespidae podem ser consideradas as principais predadoras da ordem Hymenoptera. Os ninhos são comuns em plantas arbóreas, compondo agroecossistemas perenes como fruteiras e outras, diferente dos agroecossistemas com culturas anuais, onde a nidificação é reduzida, por causa da ampla manipulação antrópica. Entretanto, o forrageamento acontece a longas distâncias e são frequentes nas lavouras infestadas com lagartas. Vespas predadoras como *Polistes versicolor* são capazes de coletar até 4.015

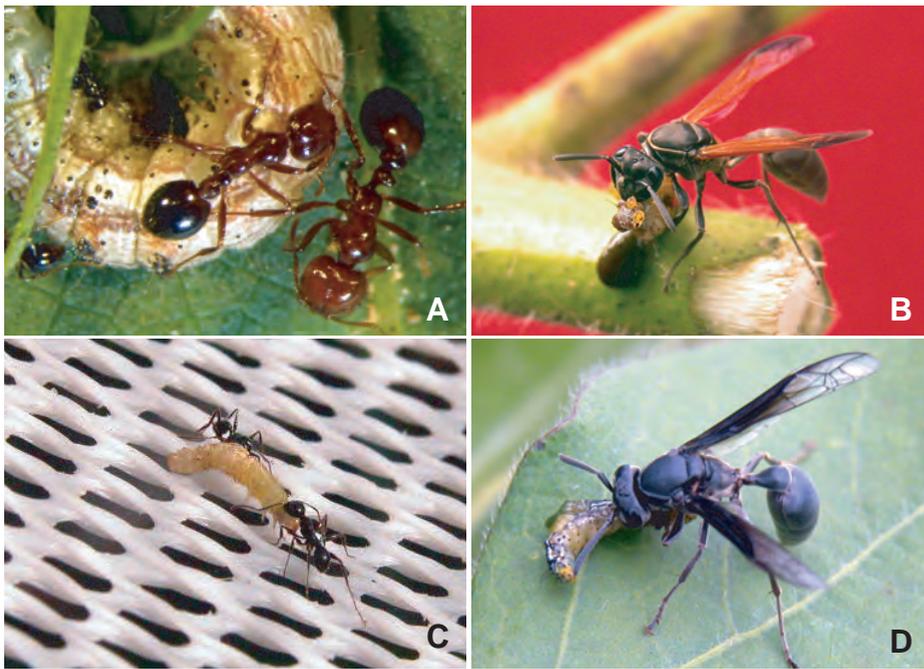


Figura 6 - Himenópteros predadores

NOTA: A - Formigas *Solenopsis* atacando lagarta de *Helicoverpa* zea em maçã do algodoeiro; B - Vespidae atacando lagarta de *Alabama argillacea*; C - Formiga *Pheidole* atacando lagarta de *Plutella xylostella* em gaiola instalada em campo; D - Vespidae atacando lagarta.

lagartas por ano/ninho, entre elas pragas importantes como *Spodoptera*, *Heliothis*, *Pseudoplusia* e *Elasmopalpus* (PREZOTO et al., 2006). A presa atacada é recortada (Fig. 6), ingerida ou levada ao ninho para alimentar as larvas.

Diversas espécies de vespas expressam importância no controle biológico de pragas, especialmente aquelas pertencentes à subfamília Polistinae (*Polistes*, *Brachygastra*, *Polybia*, *Protonectarina*, *Protopolybia*).

Vespas predadoras têm sido ferramenta importante na tomada de decisão para o controle do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella*, em virtude da expressiva predação natural das larvas desta praga (REIS; SOUZA, 1983). Com base no excelente controle natural, nível de não-ação tem sido empregado para a tomada de decisão de controle do bicho-mineiro. O controle químico não é recomendado para o bicho-mineiro, quando 40% ou mais das folhas com minas do bicho-mineiro apresentarem sinais de predação por vespas predadoras (GRAVENA, 1990).

As vespas são de difícil manipulação como agentes de controle biológico, em virtude das ferroadas e do comportamento social. Entretanto, algumas exceções existem, como o transporte de ninhos para abrigos instalados em áreas de lavouras de interesse. Essa prática pode ser utilizada em plantios de mandioca, visando o controle do mandarová (*Erinnyes ello*), em lavouras de milho para o controle da lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*), em lavouras de café para o controle do bicho-mineiro, em hortas ou para qualquer outra cultura, onde se deseja controlar lagartas-desfolhadoras.

Diferente de Vespidae, as vespas Sphecidae são solitárias. São predadores generalistas, pois empregam gafanhotos, grilos, paquinhas, cigarras, pulgões e, principalmente, lagartas como presas. Contudo, também, existem espécies especializadas em aranhas e pulgões. A biologia das espécies de Sphecidae observadas no Brasil é basicamente inexistente, embora seja conhecido que *Sphex* sp. e *Prionyx thomae* são predadoras de gafanhotos.

Neuroptera

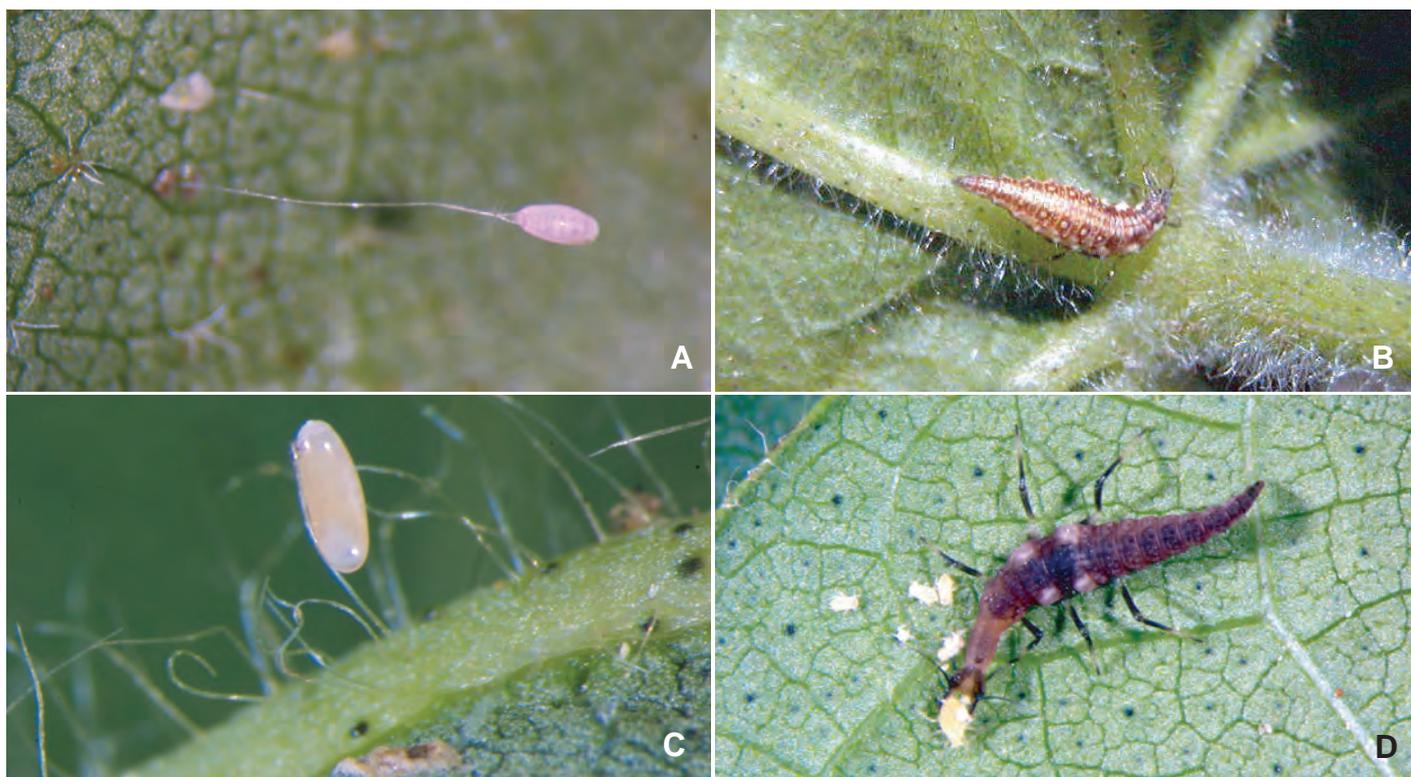
Todas as espécies de Neuroptera são predadoras. Espécies de Chrysopidae e Hemorobiidae são importantes predadoras encontradas basicamente em todos os agroecossistemas com ocorrência de pulgões. Larvas e adultos são predadores, com exceções, como por exemplo, no gênero *Chrysoperla*, em que os adultos não se alimentam de presa, mas de néctar, pólen e *honeydew* produzidos pelas próprias presas.

As famílias Berothidae (predadora de cupins) e Coniopterygidae (predadora principalmente de ácaros) são pouco conhecidas no Brasil, embora Coniopterygidae seja muito abundante nos trópicos; Mantispidae e Myrmeliontidae têm pouca importância agrônômica.

Os crisopídeos (Chrysopidae) também são conhecidos como bicho-lixeiro, pois alguns grupos apresentam o comportamento de carregar restos das presas e exúvias, facilitando a camuflagem da larva (*Mallada*, *Ceraeochrysa* e *Leucochrysa*). Os adultos de Chrysopidae são de coloração verde e a asa possui nervura costal simples. As fêmeas realizam posturas isoladas ou em grupos de ovos pendunculados (Fig. 7), os quais são usualmente encontrados em plantas com cochonilhas, ácaros, pulgões, etc. As larvas são vorazes, sendo comum o canibalismo entre elas. As de terceiro instar, próximas à pupação, tecem casulos de seda aderidos ao substrato e empupam no seu interior. Os adultos ao emergirem, buscam alimento energético para se tornarem reprodutivos. *Chrysoperla*, por exemplo, não se alimenta de presa na fase adulta, mas necessita de alimento energético e proteico para reproduzir (néctar, pólen e *honeydew*).

O uso de crisopídeos em cultivos protegidos tem sido um exemplo clássico de liberação de predadores para o controle biológico de pulgões. O sucesso dos crisopídeos como agentes de controle biológico está fundamentado nos estudos de taxonomia, biologia e ecologia das espécies, bem como estudos de seletividade

Fotos: Jorge B. Torres



Fotos: Jorge B. Torres

Figura 7 - Neurópteros predadores

NOTA: A - Postura pedunculada de *Chrysoperla* (Chrysopidae); B - Larva de *Chrysoperla* (Chrysopidae); C - Postura de *Micromus* (Hemerobiidae); D - Larva de *Micromus* (Hemerobiidae).

de pesticidas e manipulação ambiental nos agroecossistemas, visando à conservação desses. Informações detalhadas sobre os crisopídeos podem ser encontradas em McEwen et al. (2001).

Os adultos de Hemerobiidae são de coloração marrom, com asas, nervura costal com duas bifurcações e dois ou mais setores radiais. Tanto as larvas como os adultos são predadores de insetos pequenos, especialmente, pulgões e ácaros. As fêmeas depositam os ovos isoladamente na superfície das folhas ou aderidos aos pelos (Fig. 7). As larvas apresentam coloração marrom, cabeça pequena e exibem caminhamento característico, movendo a cabeça de um lado para outro. Ao final do desenvolvimento, tecem uma estrutura similar a um casulo e empupam no seu interior. Os gêneros *Nusalala*, *Hemerobius* e *Micromus* são os mais comuns, embora pouco se conheça da biologia e ecologia de Hemerobiidae, bem como do potencial de controle biológico.

Thysanoptera

Os tripses são pragas de reconhecida importância. Contudo, algumas espécies de Thripidae, Aeolothripidae e Phlaethripidae são predadoras. Além disso, *Franklinothrips* (Aeolothripidae) é um predador obrigatório e possui várias espécies de ocorrência no Brasil (MOUND; REYNAUD, 2005). *Thrips tabaci* e *Frankliniella* spp. (Thripidae) também podem atuar como predadores, em especial, de ovos de ácaros. Por exemplo, *Frankliniella occidentalis* pode completar o seu desenvolvimento apenas alimentando-se de ovos do ácaro-rajado. O potencial como agente de controle biológico dos tripses é pouco conhecido e, certamente, as espécies predadoras são confundidas com as pragas, por causa da dificuldade de diferenciação entre ambas.

INSETOS PREDADORES: INTERAÇÕES NOS AGROECOSSISTEMAS

Os insetos predadores podem estar associados a determinados grupos de presas,

quando estas são abundantes nas lavouras. Todavia, a maioria dos predadores é generalista quanto à dieta e ao *habitat*. Assim, insetos predadores alimentam-se de uma grande variedade de presas desde que estas sejam abundantes. Isso não exime os próprios predadores de se tornarem presas (presa intraguilda) de outros predadores (predadores intraguilda), por ocasião da baixa densidade da presa preferida.

Nos agroecossistemas, os insetos predadores podem atuar sem interferência (sem interação entre eles), predação outro predador (predação intraguilda), interferir no forrageamento do outro predador e/ou no comportamento da presa, tornando-a mais suscetível a outro predador. A ausência de interferência usualmente ocorre com predadores que empregam diferentes tipos de presas distribuídas em diferentes partes da planta. A predação intraguilda é comum na natureza e, em especial, nos agroecossistemas que, usualmente, ao longo da sua fenologia, possuem grande variabilidade na disponibilidade das pre-

sas. A interferência entre insetos predadores pode ocorrer em ocasiões que ambos forrageiam o mesmo *habitat*, como no caso das formigas que exibem mutualismo com homópteros e os predadores desses. Assim, uma estratégia para reduzir a interferência e conseguir explorar plantas infestadas com cochonilha é apresentada por algumas espécies de joaninhas que secretam fios de cera durante a fase larval, mimetizando as próprias cochonilhas (*Azya*, *Cryptolaemus*, *Coccidophilus*, *Scymnus*).

A interferência com o comportamento da presa de tal forma que aumente a sua suscetibilidade à predação constitui fator importante para a obtenção de maiores taxas de mortalidade de pragas. A reação de defesa exibida por algumas presas, deixando-se cair ao solo, quando ameaçadas por predadores, aumenta a probabilidade de que sejam atacadas por predadores epigeicos. Similarmente, a emissão de feromônio de alarme por pulgões estimula a dispersão, consequentemente, estes tornam-se mais vulneráveis ao ataque de predadores. Além disso, algumas joaninhas predadoras empregam o feromônio de alarme de pulgões, como cairomônios, para localizar plantas infestadas, favorecendo, assim, a resposta funcional do predador. Estas considerações são importantes, pois a colonização dos agroecossistemas por mais de um predador pode resultar no aumento da taxa de mortalidade das presas, caso não haja interferência entre eles (STILING; CORNELISSEN, 2005).

Espera-se que as interações que resultem em ausência de interferência entre predadores ou que alterem o comportamento das presas, aumentando a sua suscetibilidade à predação, tenham efeito aditivo ou sinérgico na taxa de predação. Portanto, são exemplos de interações a serem priorizadas no uso de predadores.

A colonização dos agroecossistemas por herbívoros é relativamente rápida e sucedida pela colonização dos predadores, porém não há tempo para que se estabeleçam interações duradouras entre as espécies de herbívoros e seus predadores. A predação intraguilida é comum nesses

agroecossistemas, pois várias espécies de predadores tentam definir o seu *habitat* e, consequentemente, aumentam as chances de competição entre estas. As plantas anuais sofrem consideráveis mudanças na fenologia em curto tempo, dando oportunidade para a ocorrência de vários grupos de herbívoros e inimigos naturais. No entanto, são submetidos ao desafio de explorar um recurso efêmero, que acarreta colonização e desaparecimento com frequência dos organismos componentes das teias alimentares nos agroecossistemas.

A predação intraguilida tem sido constatada com frequência nos estudos de teias alimentares constituídas naturalmente nos agroecossistemas ou, artificialmente, decorrentes das liberações de predadores (VENZON et al., 2001). Assim, em primeira análise, a predação intraguilida tem sido considerada como uma interação negativa para o controle biológico. Isto ocorre principalmente porque o balanço final da predação em uma teia alimentar, em que uma espécie predadora utiliza outras espécies como presa intraguilida, é inferior à contribuição decorrente da ação isolada de cada predador.

Diversos estudos têm sido realizados após os trabalhos pioneiros de Rosenheim et al. (1993, 1995), que apontaram a predação intraguilida como um fenômeno comum nos agroecossistemas. Os predadores que atuam como predadores intraguilida, além de reduzirem sua predação da praga-alvo, também reduzem, numericamente, o predador como presa intraguilida no *habitat*, consumindo-a ou estimulando sua emigração. Por exemplo, em um sistema simplificado contendo planta, pulgão e seu predador-chave como sendo larva de crisopídeo, a predação de larvas de crisopídeos por formigas-lava-pés *Solenopsis* e percevejos *Nabis* e *Zelus* reduzirá o controle exercido sobre os pulgões e, consequentemente, resultará em benefícios para a praga (ROSENHEIM et al., 1993). Por outro lado, o mutualismo entre o pulgão e *Solenopsis* podem determinar incremento na resposta numérica de *Solenopsis* e, consequentemente, resultar em um aumento na taxa de

predação de outras pragas pela *Solenopsis*. Assim, embora a predação intraguilida tenha-se mostrado como uma característica negativa para o controle biológico, novas hipóteses têm sido exploradas. Uma delas é a de que, ao longo do tempo, a predação intraguilida é importante para o equilíbrio da dinâmica predador-presa nos agroecossistemas. Além disso, a predação intraguilida tem sido considerada como uma interação importante para a estruturação de comunidades.

A predação intraguilida é positiva, quando analisada sob a perspectiva da estabilidade predador-presa, uma vez que a presa intraguilida permite a manutenção do predador nos agroecossistemas, quando existe escassez da praga-alvo. Por exemplo, a joaninha *H. axyridis* é capaz de desalojar diversas outras espécies de joaninhas por ser uma forte competidora. No entanto, sempre que se tornar mais abundante, suas larvas são mais expostas à predação por outros predadores, tais como os percevejos Reduviidae e Pentatomidae, mantendo-os no agroecossistema. Assim, as interações de predação intraguilida entre os percevejos Reduviidae e Pentatomidae e as larvas de *H. axyridis*, além de favorecerem a manutenção dos predadores intraguilida na área, com ausência de lagartas-desfolhadoras, haverá favorecimento para a comunidade como um todo por reduzir o efeito de competição de *H. axyridis* com as demais espécies de joaninhas.

A predação intraguilida pode ser visualizada no agroecossistema algodoeiro, contendo herbívoros, mosca-branca, pulgões e dois predadores *Geocoris* e *Orius*, (Fig. 8). Ambos os predadores e o fungo *Neozephytes* exercem grande pressão de controle sobre pulgões, presa preferida pelos predadores, comprometendo a permanência destes no agroecossistema. Entretanto, *Geocoris* e *Orius* alimentam-se de moscas-brancas, tripses e pulgões, além de outras presas que infestam o algodoeiro. Quando *Orius* se torna abundante, por ocasião do florescimento do algodoeiro, concomitante com a redução drástica na população de pulgões, devido à ocorrência do fungo, passa a ser

capturado mais facilmente por *Geocoris*, tornando-se uma presa intraguilda. Essa situação é facilitada pelo compartilhamento do mesmo *habitat* explorado pelos adultos desses predadores na planta (ponteiros, flores e brácteas). Como resultado, o herbívoro terá chances de novamente se tornar abundante e voltar a ser predado com maior frequência por ambos os predadores, reduzindo a intensidade da predação de *Geocoris* sobre *Orius*. Isto permite que a redução populacional do pulgão não cause o desaparecimento dos predadores ou, ao menos, sustente um dos predadores no agroecossistema (Fig. 8). A mesma si-

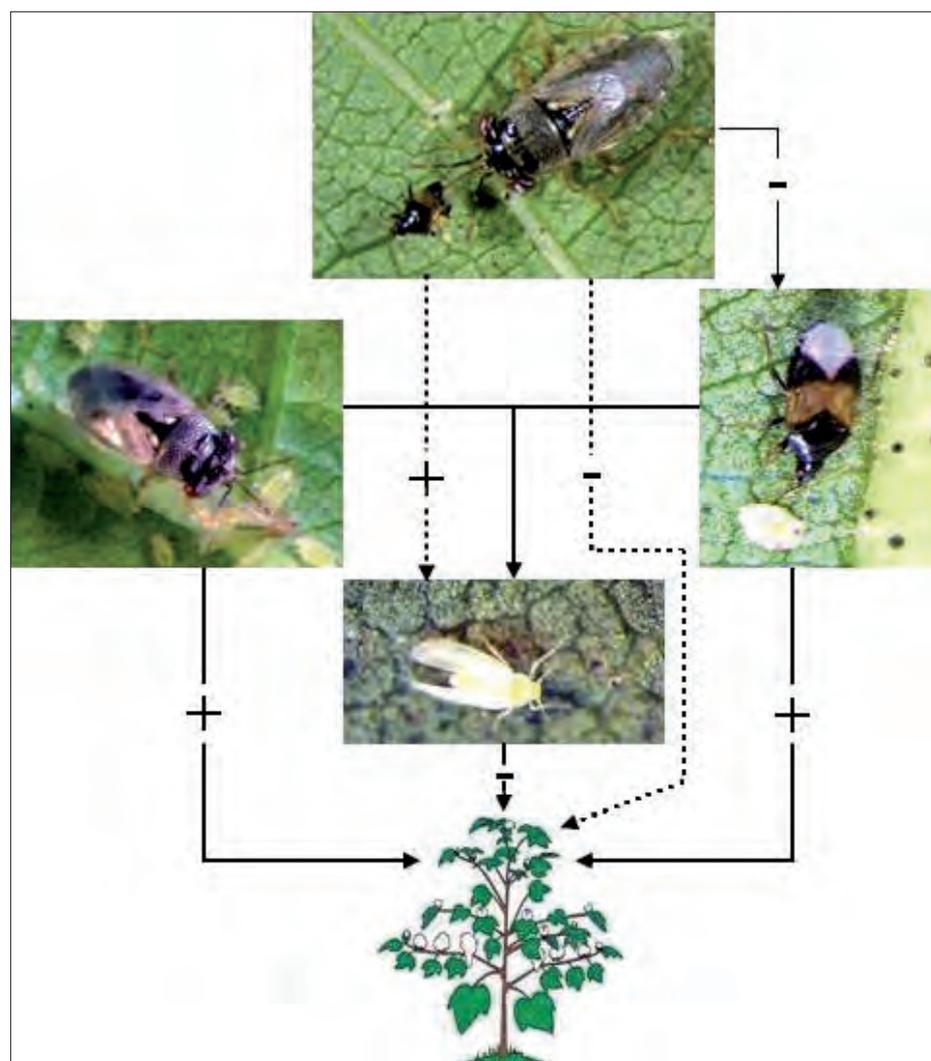
tuação pode ocorrer, quando a população da praga é reduzida pela adoção de uma medida de controle seletiva, submetendo os predadores a uma condição de escassez de presas. As situações já delineadas são aplicáveis àqueles casos em que a praga (presa) seja de melhor qualidade do que a presa intraguilda e preferida pelo predador intraguilda.

Outra interação que subsidia a associação entre insetos predadores e suas presas é aquela mediada pela planta hospedeira e denominada interação tritrófica: planta hospedeira, herbívoro e inseto predador. Diversos estudos têm demonstrado a im-

portância que a planta hospedeira tem para os predadores, oferecendo alimento, ou seja, presas de qualidade, além de abrigo, local de oviposição, em especial, endofítica (DICKE, 1999; COLL; GUERSHON, 2002; WÄCKERS et al., 2005; LUNDGREN, 2009). Além disso, a alimentação ocasional de predadores nas plantas, como complemento à dieta, cria uma relação direta entre o predador (terceiro nível trófico) e a planta (primeiro nível trófico).

A resistência de plantas possui efeitos diretos e indiretos sobre a dinâmica populacional de pragas, pois ocasiona menor crescimento populacional (defesa intrínseca) ou beneficia a ocorrência de inimigos naturais (defesa extrínseca). Ou ainda, favorece a resposta funcional dos predadores, pelo aumento na ocorrência de presas menores e menos resistentes à predação. Pode ainda aumentar a resposta numérica dos predadores por estimular sua reprodução e imigração de outros predadores, pela abundância de presas e alimento complementar (pólen e néctar). Entretanto, a planta também pode afetar negativamente o desempenho de predadores, restringindo o forrageamento e oferecendo à praga espaços livres de inimigos naturais, além de compostos secundários que são sequestrados e usados pela presa na defesa química contra a ação de predadores (DICKE, 1999).

Apesar dos efeitos diretos e indiretos das plantas sobre os predadores (DICKE, 1999), estas possuem papel importante na colonização e manutenção desses predadores nos agroecossistemas. A onivoria tem sido bastante estudada como uma característica importante dos agentes de controle biológico (COLL; GUERSHON, 2002; WÄCKERS et al., 2005; LUNDGREN, 2009). A onivoria em insetos predadores ocorre quando o predador é capaz de usar simultaneamente presa e planta como componentes da dieta. A maioria dos predadores utiliza em alguma das fases de sua vida produtos obtidos da planta em sua dieta (néctar, pólen e seiva). Esta complementação de dieta com a planta faz com que os predadores possam incrementar o



Fotos: Jorge B. Torres

Figura 8 - Exemplo de interação entre predadores e presa presentes no algodoeiro

NOTA: As interações diretas (linhas grossas) podem ser consideradas como interações positivas (+) para o controle biológico; quando a predação intraguilda de *Geocoris* sobre *Orius* se estabelece (linha fina) há uma interação negativa (-) no controle biológico (-). Linhas pontilhadas caracterizam resultado negativo (-) para a planta e positivo (+) para a praga por sofrer menor predação.

seu desempenho biológico, em especial, a sobrevivência, nos casos de escassez de presas. Por outro lado, ao se alimentarem de plantas, os predadores passam a sofrer impactos dessas. Pouco se conhece dos efeitos de compostos secundários que atuam diretamente sobre o terceiro nível trófico, mas é comum observar efeitos negativos da defesa da planta no terceiro nível trófico mediada pela presa. Este fato tem levado a uma série de especulações em relação ao efeito da transformação genética de plantas, com o uso de redutores de digestibilidade, visando à obtenção de resistência a insetos-praga sobre predadores.

Alguns modelos matemáticos demonstram que, para o sucesso do controle biológico, ao empregar predadores em agroecossistemas anuais, esses devem estar no agroecossistema antes que as pragas apresentem densidades equivalentes a um determinado nível crítico. Esse nível crítico seria semelhante ao de controle, porém adequado à utilização de insetos predadores (URANO et al., 2003). Tendo em vista as características exibidas pelos predadores onívoros, em especial sua habilidade em manter-se no agroecossistema, mesmo na ausência da presa, é possível realizar sua liberação antecipada. Isto permitirá que tais predadores se estabeleçam no meio e possam exibir crescimento populacional sincronizado com a população das pragas, de forma que atrase ou evite que os níveis de controle sejam atingidos.

O modelo de Urano et al. (2003) estima um tempo mínimo, para que os predadores sejam liberados com base na taxa intrínseca de crescimento populacional da praga e do predador e na taxa específica de predação do predador sob condições do ambiente (planta e clima). Obviamente, que estes e outros parâmetros e/ou interações e as características da história de vida do predador no agroecossistema também são condicionados pela disponibilidade de presas no ambiente, modulados por fatores abióticos como temperatura, umidade relativa e práticas de controle adotadas.

A relação direta estabelecida entre o predador e a planta hospedeira, exibida

por meio da onivoria, pode ser de natureza adversa. A aplicação de inseticidas sistêmicos via solo, absorvidos e translocados, e, conseqüentemente, circulando dentro na planta, não oferece seletividade ecológica aos predadores onívoros. Considerando que a conservação é a principal forma de incrementar o controle biológico com insetos predadores, o comportamento onívoro neste caso invalida a aplicabilidade do conceito de seletividade ecológica, relacionada com o local de aplicação de inseticidas.

PROGRAMAS DE CONTROLE BIOLÓGICO

A baixa especificidade na seleção de presas e *habitats* é citada como umas das explicações para a pequena adoção de programas de controle biológico aplicado com insetos predadores. Os principais sucessos na produção e liberação de insetos predadores são conseguidos com espécies com menor amplitude de presas, tais como os crisopídeos e as moscas Cecidomyiidae, utilizados para o controle de pulgões, e os percevejos antocorídeos, utilizados para o controle de tripses. Embora o comportamento generalista e de dispersão da área-alvo sejam fatores de certa forma limitantes à ampla adoção de predadores, outros fatores, tais como a escassez de metodologias viáveis de produção massal a custos competitivos, certamente contribuem mais para a pouca adoção de predadores do que seu hábito alimentar generalista.

A produção massal de predadores usualmente requer a utilização da presa natural ou alternativa, algo que demanda disponibilidade de espaço físico e mão-de-obra. A criação em dieta artificial ainda é bastante restrita. Uma análise comparativa demonstra que mais parasitoides têm sido produzidos em dieta artificial do que predadores (HAGEN et al., 1999; CÔNSOLI; PARRA, 2002). Dentre os predadores criados em dieta artificial e citados em revisões sobre o assunto, têm-se: Coccinellidae (28 espécies), Chrysopidae (14 espécies), Pentatomidae (quatro espécies), e Anthocori-

dae, Geocoridae e Miridae (uma espécie cada). Apesar desse número significativo de dietas já desenvolvidas, não existem exemplos de produção massal continuada usando dieta artificial no Brasil. Algumas iniciativas nesse sentido e em pequena escala têm sido direcionadas à produção de predadores destinados à pesquisa. Muitas espécies citadas como predadores-chave no controle de algumas pragas não são amplamente utilizadas pela falta de metodologias viáveis que minimizem as limitações impostas pela produção massal.

Em publicação recente, que aborda o controle biológico sob a perspectiva nacional, apenas dois programas com insetos predadores foram citados: uso de crisopídeos (FREITAS, 2002) e de percevejos predadores (ZANUNCIO et al., 2002). Além desses, podem-se citar a produção e a liberação da joaninha *Cryptolaemus montrouzieri*, para o controle da cochonilha *Planococcus citri* em citros, e da tesourinha *D. luteipes*, para o controle de *S. frugiperda* em milho.

Apesar de o controle com crisopídeos ser amplamente difundido, Freitas (2002) não deixa claro se existe algum programa de controle biológico com crisopídeos estabelecido e documentado no Brasil. A criação de crisopídeos ainda é limitada pela dificuldade de manutenção da colônia de insetos e coleta de ovos que serão usados nas liberações. Algumas tentativas de implementação têm sido feitas, mas o conhecimento ainda está aquém de tornar o programa competitivo, principalmente se comparado à aplicação de inseticidas em lavouras comerciais. Em áreas de produção orgânica e cultivo protegido, onde o valor agregado do produto final é elevado, as chances de sucesso e sustentação do programa são maiores. Daí o grande sucesso no uso de crisopídeos em cultivos protegidos na Europa. A expansão do cultivo protegido de flores e hortaliças no Brasil aumenta as chances de expansão dos programas de controle biológico, os quais utilizam insetos predadores tais como os crisopídeos e antocorídeos para o controle de pulgões, tripses e ácaros.

A liberação do percevejo predador *P. nigrispinus*, por sua vez, vem sendo realizada desde 1989 por empresas florestadoras de Minas Gerais para o controle de lagartas-desfolhadoras em eucalipto (ZANUNCIO et al., 2002). Até 2005, 3.076.683 percevejos haviam sido liberados (TORRES et al., 2006). O programa tem como base o desenvolvimento de metodologias, que permitem a criação massal dos predadores, com o emprego de presas alternativas. A liberação de predadores tem resultado na redução dos surtos de lagartas-desfolhadoras e, consequentemente, na frequência de pulverizações. As liberações são direcionadas às áreas de risco, selecionadas pelo histórico de surtos de lagartas e pelo monitoramento dos adultos das mariposas com armadilhas luminosas.

O emprego das liberações de *P. nigrispinus* em lavouras anuais, entretanto, esbarra na dificuldade em manter os predadores nas áreas-alvo, já que tendem a se dispersar após as liberações (NEVES et al., 2009). Assim, estudos futuros devem focar na implantação de insetários a campo e na adoção de práticas que atraiam e mantenham os predadores liberados nas áreas-alvo com surtos de lagartas.

Em virtude da baixa interação entre os profissionais de controle biológico e os de outras disciplinas do conhecimento, há uma tendência de que estudos dessa natureza não sejam contínuos no Brasil. Isto advém da falta de análise econômica dos programas, geração de modelos matemáticos de validação, realização de estudos bioecológicos de sustentação e de divulgação dos resultados obtidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade de insetos predadores é muito superior aos exemplos enumerados neste artigo. O levantamento de predadores potenciais que serão usados em estudos futuros passa, primordialmente, pela construção de tabelas de vida ecológica das pragas-alvo da ação de controle. Infelizmente, muitos estudos

têm feito o caminho inverso e buscado disseminar o uso de espécies que são facilmente criadas ou já conhecidas. Esse padrão de uso tem acarretado insucessos, pois, muitas vezes, o ambiente restringe o estabelecimento do predador. Assim, o caminho é selecionar a espécie predadora com maior potencial para ser explorada. Carvalho e Souza (2002) listam inúmeras espécies de ocorrência natural e os resultados de estudos que podem subsidiar o potencial de estabelecimento em vários agroecossistemas de importância agrícola. Além disso, a frequência de ocorrência e a abundância de espécies predadoras no agroecossistema, além da sobreposição do seu ciclo com o da praga-alvo podem ser características que permitam selecionar uma espécie para uso. Tais características devem ser consideradas em conjunto com os resultados obtidos em estudos de predação, para checar se a espécie de predador observada como abundante desenvolve-se satisfatoriamente sobre a praga-alvo ou se a ocorrência é acidental. Esses e alguns outros passos devem ser seguidos para a seleção de predadores, para uso em programas de controle biológico.

Diante das limitações na condução de programas de controle biológico aplicado com insetos predadores, seu uso está fundamentado no controle biológico conservativo. Nesse caso, deve-se dar atenção especial ao reconhecimento dos principais predadores e uso de práticas de menor impacto ou que favoreçam a imigração e manutenção dos predadores nos agroecossistemas. A adoção de nível de controle das pragas, quando possível, permite que os predadores colonizem e retardem o crescimento populacional da praga, resultando em redução no número de vezes em que a praga atinge o nível de controle. Além disso, ao atingir o nível de controle, a escolha do inseticida de menor impacto aos predadores é fundamental. Bastos e Torres (2006) resumiram os resultados disponíveis em relação à seletividade dos inseticidas registrados, para uso na cultura do algodoeiro. Esses autores verificaram

que alguns produtos podem ser classificados como de baixo impacto aos principais grupos de predadores do algodoeiro. Entre esses, destacaram os inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* e alguns reguladores de crescimento, além do espinosade, pirimicarbe e pimetozine.

A redução do uso de inseticidas nas lavouras, em decorrência do plantio de variedades transgênicas resistentes às pragas, é outra forma que vem sendo preconizada para a conservação de inimigos naturais, desde que não haja efeito sobre os predadores.

A adoção de nível de não-ação também constitui uma das alternativas para a conservação de predadores nos agroecossistemas. Neste ponto, diversas culturas poderiam ser exploradas, em virtude do grande volume de informação já disponível, além do que se tem de informação para inimigos naturais em algodão e café.

Desconsiderando o fato de que os empecilhos à expansão do uso de predadores no controle biológico são múltiplos e de natureza diversa, a mudança de postura dos profissionais que trabalham com insetos predadores é fundamental. Neste quesito, entre os objetivos de suas pesquisas, deveria ser dada prioridade à utilização a campo. Outro passo importante é definir os predadores-chave que devem ser priorizados nos programas de controle biológico. Exemplos de inúmeras espécies de importância para vários agroecossistemas são apresentados em Carvalho e Souza (2002) e estas informações podem servir como base para estudos futuros.

AGRADECIMENTO

À pesquisadora da EPAMIG, Madelaine Venzon, pelo convite e sugestões e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo suporte aos estudos com inimigos naturais.

REFERÊNCIAS

- AMBROSE, D.P. **Assassin bugs**. Enfield, NH: Science, 1999. 337p.
- AUAD, A.M. Criação de sirfídeos (Diptera: Syrphidae) para o controle de afídeos. In: BORTOLI, S.A.de; BOIÇA JUNIOR, A.L.; OLIVEIRA, J.E.M. (Ed.). **Agentes de controle biológico: metodologias de criação, multiplicação e uso**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. cap. 1, p.1-26.
- BASTOS, C.S.; TORRES, J.B. **Controle biológico e o manejo de pragas do algodoeiro**. 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 63p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 72).
- BRAMAN, K.S. Damsel bugs (Nabidae). In: SCHAEFER, C.W.; PANIZZI, A.R. (Ed.). **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC Press, 2000. cap. 27, p.639-656.
- BUENO, V.H.P. Aspectos biológicos e ritmo diário das atividades de *Porosilus barbiellini* predador da cigarrinha-das-pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.9/10, p.903-915, set./out. 1987.
- CARVALHO, C.F.; SOUZA, B. Potencial de insetos predadores no controle biológico aplicado. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 12, p.191-208.
- COHEN, A.C. Feeding adaptations of some predaceous Hemiptera. **Annals of the Entomological Society of America**, v.83, n.6, p.1215-1223, Nov. 1990.
- COLL, M.; GUERSHON, M. Omnivory in terrestrial arthropods: mixing plant and prey diets. **Annual Review of Entomology**, v.47, p.267-297, 2002.
- CÔNSOLI, F.L.; PARRA, J.R.P. Criação *in vitro* de parasitóides e predadores. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 15, p.239-275.
- CRUZ, I. Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). In: BUENO, V.H.P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: UFLA, 2000. p.111-135.
- DICKE, M. Direct and indirect effects of plants on performance of beneficial organisms. In: RUBERSON, J.R. (Ed.) **Handbook of pest management**. New York: Marcel Dekker, 1999. cap. 5, p.105-153.
- DWYER, G.; DUSHOFF, J.; YEE, S.H. The combined effects of pathogens and predators on insect outbreaks. **Nature**, v.430, p.341-345, July 2004.
- FREITAS, S. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.209-224.
- GRAVENA, S. Manejo integrado de pragas do cafeeiro no Brasil situação atual. In: FERNANDES, O.A.; CORREIA, A. do C.B.; BORTOLI, S.A. de (Ed.). **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. cap. 7, p.81-106.
- HAGEN, K.S. Nutritional ecology of terrestrial predators. In: SLANSKY, JUNIOR, F.; RODRIGUEZ, J.G. (Ed.). **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. New York: J. Wiley, 1987. p.533-577.
- _____; MILLS, N.J.; GORDH, G.; MCMURTRY, J.A. Terrestrial arthropod predators of insect and mite pests. In: BELLOWS, T.S.; FISHER, T.W. (Ed.). **Handbook of biological control: principles and applications of biological control**. San Diego: Academic Press, 1999. p.383-503.
- KLEMOLA, T.; TANHUANPÄÄ, M.; KORPI-MÄKI, E.; RUOHOMÄKI, K. Specialist and generalist natural enemies as an explanation for geographical gradients in population cycles of northern herbivores. **Oikos**, v.99, n.1, p.83-94, 2002.
- LATTIN, J.D. Bionomics of the Nabidae. **Annual Review of Entomology**, v.34, p.383-400, 1989.
- MCEWEN, P.K.; NEW, T.R.; WHITTINGTON, A.E. (Ed.). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 546p.
- LUNDGREN, J.G. **Relationships of natural enemies and non-prey foods**. Dordrecht: Springer-Verlag, 2009. (Progress in Biological Control, 7).
- MOUND, L.A.; REYNAUD, P. *Franklinothrips*; a pantropical Thysanoptera genus of antimimicking obligate predators (Aeolothripidae). **Zootaxa**, Auckland, v.846, p.1-16, 2005.
- NEVES, R.C.S.; TORRES, J.B.; VIVAN, L.M. Reproduction and dispersal of wing-clipped predatory stinkbugs, *Podisus nigrispinus* in cotton fields. **BioControl**, v.54, n.1, p.9-17, Feb. 2009.
- NEW, T.R. **Insects as predators**. Kensington, Australia: New South Wales University Press, 1991. 178p.
- PREZOTO, F.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; MACHADO, V.L.L.; ZANUNCIO, J.C. Prey captured and used in *Polistes versicolor* (Olivier) (Hymenoptera: Vespidae) nourishment. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.5, p. 707-709, Sept./Oct. 2006.
- REIS, PR.; SOUZA, J.C. de Controle biológico do bicho-mineiro das folhas do cafeeiro. **Informe Agropecuário**. Controle biológico de pragas, Belo Horizonte, ano 9, n. 104, p.16-20, ago. 1983
- ROSENHEIM, J.A.; KAYA, H.K.; EHLER, L.E.; MAROIS, J.J.; JAFFEE, B.A. Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. **Biological Control**, v.5, n.3, p.303-335, Sept. 1995.
- _____; WILHOIT, L.R.; AMER, C.A. Influence of intraguild predation among generalist insect predators on the suppression of an herbivore population. **Oecologia**, v. 96, n.3, p.439-449, Dec. 1993.
- STILING, P.; CORNELISSEN, T. What makes a successful biocontrol agent?: a meta-analysis of biological control agent performance. **Biological Control**, v.34, n.3, p.236-246, Sept. 2005.
- SYMONDSON, W.O.C.; SUNDERLAND, K.D.; GREENSTONE, M.H. Can generalist predators be effective biocontrol agents? **Annual Review of Entomology**, v.47, p.561-594, 2002.
- TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R. Spatial and temporal dynamics of oviposition behavior of bollworm and three of its predators in Bt and non-Bt cotton fields. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.120, n.1, p.11-22, July. 2006.
- _____; ZANUNCIO, J.C.; MOURA, M.A. The predatory stinkbug *Podisus nigrispinus*: biology, ecology and augmentative releases for lepidopteran larval control in *Eucalyptus* forests in Brazil. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.1, n.15, p.1-18, 2006.
- URANO, S.; SHIMA, S.; HONGO, K.; SUZUKI, Y. A simple criterion for successful biological control on annual crops. **Population Ecology**, v.45, p.97-103, 2003.
- VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Interactions mediated by predators in arthropod food webs. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, n.1, p.1-9, Mar. 2001.
- WÄCKERS, F.L.; RIJIN, P.C.J. van; BRUIN, J. **Plant provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 356p.
- ZANUNCIO, J.C.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, H.N.; ZANUNCIO, T.V. Uma década de estudos com percevejos predadores: conquistas e desafios. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.495-509.

Para conhecer um bom vinho, é preciso mais do que saber abri-lo.



CURSOS REGULARES DO NÚCLEO TECNOLÓGICO EPAMIG UVA E VINHO

- Iniciação ao vinho e à degustação
- Elaboração de vinhos
- Plantio e tratos culturais em videiras



Inscrições e informações
Fone: (35) 3735 1101
fecd@epamig.br ou
epamig@epamigcaldas.gov.br

Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho
Fazenda Experimental de Caldas
Av. Santa Cruz, 500 • Caldas • MG • CEP: 37 780-000

Realização



Apoio



Uso de ácaros predadores para o controle biológico de ácaros-praga

Marcos Antonio Matiello Fadini¹

Angelo Pallini²

Madelaine Venzon³

Cleber Macedo de Oliveira⁴

Resumo - Na agricultura, os ácaros-praga apresentam grande diversidade de inimigos naturais com potencial para serem utilizados em programas de controle biológico, com destaque para os ácaros predadores. São apresentadas as principais famílias de ácaros predadores utilizadas no controle biológico de ácaros-praga, as estratégias de controle biológico destes ácaros com ácaros predadores, no Brasil e em outros países, e o controle biológico aumentativo de ácaros-praga em sistemas não convencionais de produção agrícola.

Palavras-chave: Biocontrole. Controle alternativo. *Acari*. *Phytoseiidae*. *Tetranychidae*. Predação.

INTRODUÇÃO

Dentro do complexo de pragas associado à agricultura, os ácaros apresentam grande potencial de redução da produção, por causa, principalmente, do seu alto potencial reprodutivo (HELLE; SABELIS, 1985). O controle químico, com a utilização de acaricidas organosintéticos, é um dos métodos mais utilizados para o controle desses artrópodes. Entretanto, associado a esse método de controle, problemas como a ressurgência e aparecimento de novas pragas, os surtos de pragas secundárias, os resíduos em alimentos e a resistência de pragas são comuns de ser observados. Além disso, em sistemas de produção não convencionais, como o integrado e o orgânico, o uso de agrotóxicos é restrito ou proibido. O controle biológico é um método que, associado a outros, pode ser

eficiente para ácaros-praga, além de reduzir os problemas advindos do uso excessivo de acaricidas.

Os ácaros-praga podem ser naturalmente controlados no campo por uma grande diversidade de inimigos naturais, que têm potencial para ser utilizados em programas de controle biológico na agricultura. Entre eles, destacam-se fungos patogênicos, insetos e ácaros predadores. Não são conhecidos, entretanto, até agora, organismos parasitos ou parasitoides de ácaros-praga. Há resultados promissores no uso de fungos patogênicos para controle de ácaros-praga da família Tetranychidae (MANIANIA et al., 2008, DUARTE et al., no prelo). Os inimigos naturais mais eficientes e os mais empregados em programas de controle biológico de ácaros-praga na agricultura são os ácaros predadores (MORAES, 1991; 2002).

O objetivo deste artigo é apresentar as principais famílias de ácaros predadores com potencial de uso no controle biológico de ácaros-praga, algumas estratégias e programas de controle biológico desses artrópodes com ácaros predadores. Além disso, é discutido também o uso do controle biológico aumentativo de ácaros-praga em sistemas não convencionais de produção agrícola.

PRINCIPAIS FAMÍLIAS DE ÁCAROS PREDADORES DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA

Família Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata)

A família Phytoseiidae é objeto de grande número de estudos nas áreas de ecologia, comportamento e controle biológico (PALLINI et al., 2007). Apresenta

¹Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: fadini@epamig.br

²Eng^a Agr^a, Ph.D., Prof. Associado UFV - Dep^o Biologia Animal, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: pallini@ufv.br

³Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: venzon@epamig.ufv.br

⁴Graduando em Agronomia UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: cleber.oliveira@ufv.br

2.217 espécies descritas, distribuídas em 67 gêneros (MORAES et al., 2004). Os fitoseídeos apresentam comportamento de forrageamento bastante evidente, buscando as presas com movimentos rápidos em locais abrigados da luz. Possuem formato de gota d'água, poucas setas ao longo do corpo e podem apresentar coloração alaranjada, marrom ou palha que varia com a idade e o estado nutricional.

A espécie *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot é a mais estudada e a mais utilizada no mundo em programas de controle biológico de ácaros-praga. É criada massalmente e liberada em larga escala em programas de controle biológico na Europa, Ásia e América do Norte, para o controle de ácaros da família Tetranychidae, em campo e em casa de vegetação (SABELIS, 1981; PICKETT; GILSTRAP, 1986; CROSS et al., 2001) (Quadro 1).

**Família Stigmaeidae
(Acari: Prostigmata)**

A ocorrência dos predadores da família Stigmaeidae está fortemente relacionada com a redução do uso de agrotóxicos. Como predadores, têm importância menor do que os da família Phytoseiidae, por causa das características biológicas, como baixa taxa intrínseca de crescimento populacional e baixo consumo de presas

(SANTOS; LAING, 1985). São ácaros que apresentam um maior número de setas, quando comparados aos fitoseídeos, e também são menores que os primeiros. Sua coloração predominante é avermelhada.

O gênero *Agistemus* tem sido relatado como importante predador de ácaros fitófagos (LAING; KNOP, 1983). A espécie *Agistemus floridanus* Gonzalez apresenta potencial para ser utilizada no controle de *Calacarus heveae* Feres (Acari: Eriophyiidae) e *Tenuipalpus heveae* Baker (Acari: Tenuipalpidae), em seringueira (FERLA; MORAES, 2003). Matioli et al. (2007) descrevem que *A. pallinii* foi encontrado em pomares de Minas Gerais alimentando-se de ácaro fitófago do citros, *Panonychus citri* (McGregor). Outros membros da família Stigmaeidae são relatados como importantes predadores de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae), na cultura do chá na Indonésia (OOMEN, 1982).

**Família Cheyletidae
(Acari: Prostigmata)**

Os predadores da família Cheyletidae são usados, principalmente, no controle biológico de ácaros-praga de grãos armazenados (FAIN; BOCHKOV, 2001). O predador *Cheyletus eruditus* (Schrank) é empregado para o controle de espécies de ácaros-praga da família Acaridae em

densidades menores que mil indivíduos por quilo de grãos. Em infestações maiores que essa, é indicado o seu uso associado a acaricidas (ŽD'ÁRKOVÁ, 1998). LUKÁŠ et al. (2007) observaram correlação negativa entre a presença de ácaros predadores do gênero *Cheyletus* e ácaros-praga da família Acaridae, sendo as espécies mais abundantes *C. eruditus* (79%), *C. aversor* (10%), *C. tronessarti* (9%) e *C. malaccensis* (2%) em massas de grãos.

**Família Laelapidae
(Acari: Mesostigmata)**

Os ácaros da família Laelapidae são predadores de artrópodes edáficos. São ácaros normalmente de coloração castanho-clara a marrom-clara. O ácaro predador *Hypoaspis aculifer* é usado na Europa para controle de ácaros-praga que atacam bulbos de gladiolos. Notadamente na Holanda, esse predador é usado para controlar ácaros que atacam bulbos de lírios, como *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Acaridae) (Fig. 1 e 2) (LESNA, 1998). No Brasil, a espécie *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) é comercializada (Quadro 1) para controle de pragas de solo, como *Fungus gnats*, que atacam produção de cogumelos, colêmbolas, e ácaros-praga (*Rhizoglyphus* spp.), que atacam bulbos de cebola, amarílis, lírio, jacinto, dalias, batatinha e mandioca.



Figura 1 - Ácaro predador *Hypoaspis aculifer*, predando o ácaro-praga de gladiolos *Rhizoglyphus robini*



Figura 2 - O ácaro predador *Hypoaspis aculifer* alimenta-se do ácaro-micófago *Tyrophagus putrescentiae*

NOTA: Dieta adequada e fácil de produzir para criação massal do predador.

QUADRO 1 - Algumas empresas que comercializam ácaros predadores para o controle biológico de pragas - julho 2009

Espécie	Praga-alvo	Empresa	País
<i>Neoseiulus californicus</i> <i>Phytoseiulus longipes</i> <i>Phytoseiulus macropilis</i> <i>Stratiolaelaps scimitus</i>	Ácaro-rajado Ácaro-rajado e vermelho Ácaro-rajado <i>Fungus gnats</i> , ácaros de bulbos, collembola	Promip (www.promip.agr.br)	Brasil
<i>Amblyseius californicus</i> <i>Amblyseius cucumeris</i> <i>Hypoaspis miles</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Amblyseius swirskii</i>	Ácaro-rajado Tripes Mosca-Sciaridae Ácaro-rajado Mosca-branca e outros	Biobest Biological System (www.biobest.be)	Bélgica
<i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Amblyseius swirskii</i> <i>Amblyseius cucumeris</i> <i>Amblyseius californicus</i> <i>Hypoaspis miles</i>	Ácaro-rajado Mosca-branca, tripes Tripes Ácaro-rajado Pragas de solo	Koppert Biological System (www.koppert.com)	Holanda
<i>Neoseiulus californicus</i> <i>Galendromus occidentalis</i> <i>Phytoseiulus longipes</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Hypoaspis miles</i>	Ácaro-rajado Ácaros eriofiídios Ácaro-rajado Ácaro-rajado <i>Fungus gnats</i> , tripes	Rincon-Vitova Insectaries (www.rinconvitova.com)	Estados Unidos
<i>Hypoaspis miles</i> <i>Amblyseius cucumeris</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i>	<i>Fungus gnats</i> , tripes Tripes Ácaro-rajado	The Bug Factory (www.thebugfactory.ca)	Canadá
<i>Amblyseius fallacis</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Amblyseius degenerans</i> <i>Amblyseius cucumeris</i>	Ácaro-rajado Ácaro-rajado Tripes Tripes	Natural Insect Control (www.natural-insect-control.com)	Canadá
<i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Amblyseius californicus</i> <i>Typhlodromus pyryi</i> <i>Hypoaspis miles/aculeifer</i>	Ácaro-rajado Ácaro-rajado Ácaro-rajado Ácaro-de-gladíolos	Sautter & Stepper (www.nuetzlinge.de)	Alemanha
<i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Amblyseius swirskii</i> <i>Neoseiulus cucumeris</i>	Ácaro-rajado Ácaro-branco Mosca-branca	BioBee (www.bio-bee.com)	Israel
<i>Amblyseius cucumeris</i> <i>Amblyseius swirskii</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i>	Tripes Mosca-branca, tripes Ácaro-rajado	BioPlanet (www.bioplanet.it)	Itália

PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS DE CONTROLE BIOLÓGICO DE ÁCAROS-PRAGA COM ÁCAROS PREDADORES

Controle biológico conservativo

O controle biológico conservativo é uma estratégia utilizada para promover a sobrevivência e incrementar o desempenho dos inimigos naturais existentes no campo

(BARBOSA, 1998). Essa técnica consiste no fornecimento de condições e recursos aos inimigos naturais, para que possam regular as populações de pragas, mantendo-as abaixo dos níveis de dano econômico. O aumento da diversidade vegetal, por meio de culturas intercalares e espécies espontâneas ou não, que produzam fonte de pólen e néctar é uma técnica promissora para tal propósito. Na China, a utilização de cobertura verde em pomares de citros,

para o fornecimento de pólen a predadores, é uma estratégia utilizada com sucesso para o controle do ácaro-vermelho *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) (LIANG; HUANG, 1994).

As plantas podem manter as populações de ácaros predadores no campo ao fornecerem alimento e abrigo. As domácias, por exemplo, são estruturas encontradas em folhas de diversas espécies de plantas capazes de fornecer abrigo e

alimento aos ácaros (MATOS et al., 2004). As domácias podem apresentar forma de tufo de pelos ou cavidades localizadas entre a nervura principal e as secundárias, na face abaxial das folhas. O ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) apresentou maior sobrevivência em folhas do café *Coffea arabica* L. variedade Catuaí, quando as domácias estavam abertas, do que quando estas foram fechadas artificialmente (MATOS et al., 2004). Plantas que possuem estruturas morfológicas capazes de abrigarem ácaros predadores têm mais chance de ser protegidas contra ácaros-praga e de manterem a população desses predadores ao longo do tempo.

Controle biológico clássico

O controle biológico clássico consiste na introdução intencional de agentes de controle biológico exóticos, para o controle permanente ou a longo prazo das pragas-alvo (EILENBERG et al., 2001). Um exemplo de sucesso de controle biológico clássico com ácaros é o do ácaro-verde-da-mandioca *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), na África, com os ácaros predadores *Typhlodromalus aripo* DeLeon e *T. manihoti* Moraes (Acari: Phytoseiidae). Informações detalhadas sobre esse programa podem ser obtidas em Elliot e Rocha (2008).

Controle biológico aumentativo

Neste tipo de controle biológico, ácaros predadores, nativos ou exóticos, são reproduzidos em grande quantidade em ambientes protegidos e, posteriormente, liberados no campo ou em casa de vegetação para controlar ácaros-praga. As liberações dos predadores podem ser de forma inundativa, quando os inimigos naturais são liberados em grande número, visando um controle imediato da praga. Outra possibilidade de liberação é a inoculativa, quando os agentes de controle biológico são liberados em

grande número, visando, além do controle imediato, a formação de população capaz de controlar gerações das pragas durante um período maior na cultura. Existem diversas empresas especializadas que produzem e comercializam ácaros predadores em diversos países, inclusive no Brasil (Quadro 1).

O controle biológico do ácaro-rajado com o predador *P. persimilis* em ambientes protegidos na Europa foi a primeira iniciativa bem-sucedida desse tipo de controle (HUSSEY; SCOPES, 1985). No Brasil, o controle biológico do ácaro-vermelho-da-macieira *P. ulmi*, pelo ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) é um exemplo de sucesso. A partir do início da década de 90, na região de Fraiburgo, SC, foram realizados levantamentos nos pomares de maçã daquela região para determinar os ácaros predadores com potencial de controle de *P. ulmi*, um ácaro-praga de importância econômica para a cultura. Após avaliação das espécies encontradas, selecionou-se *N. californicus* por apresentar características adequadas para uso em programa de controle biológico aplicado de *P. ulmi*. A primeira etapa da implementação do programa de controle biológico foi a criação massal do ácaro predador *N. californicus* em estufas (MONTEIRO, 2002a). Para tanto, optou-se pelo uso do feijoeiro como planta hospedeira para criação de presas alternativas, o ácaro-rajado *T. urticae*. O manejo da temperatura e da umidade nas estufas de criação dos ácaros predadores otimizou a produção. As etapas seguintes foram a de liberação do predador nos pomares de produção e o monitoramento tanto das populações de *P. ulmi*, quanto de *N. californicus* (MONTEIRO, 2002b; MONTEIRO et al., 2008). Em testes de campo, a liberação equivalente à densidade de 150 mil ácaros predadores por hectare reduziu a população do ácaro-vermelho após 16 dias da liberação e também o grau de injúria provocado pelo ácaro-vermelho na macieira (MONTEIRO et al., 2008).

Outras iniciativas, como o controle biológico aplicado do ácaro-rajado *T. urticae* pelo ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae), em morangueiro, são promissoras. Esses predadores já estão sendo comercializados e usados por produtores de morango na região de Venda Nova do Imigrante, ES, Atibaia e Jaguariúna, em São Paulo. Já o predador *N. californicus* vem sendo usado para controle de *T. urticae* em maçã, pêssigo e nectarina na região do Paranapanema, SP, e em gérberas e rosas, em Holambra, SP, e Andradás, MG (informação verbal)⁵.

ESTUDO DE CASO: O CONTROLE BIOLÓGICO DO ÁCARO-RAJADO *T. URTICAE* NO MORANGUEIRO

Os ácaros são pragas importantes na cultura do morangueiro. As injúrias causadas às plantas são perfurações na epiderme foliar, morte das células e aparecimento de manchas descoradas nas folhas. Entre as táticas de controle das populações de ácaros-praga, o controle biológico é um método de baixo impacto ambiental. Apesar disso, esse método de controle de ácaros-praga na cultura do morangueiro ainda é pouco utilizado no Brasil. Em sistemas como o de produção integrada ou o orgânico, os quais utilizam menos ou nenhum agrotóxico, existem mais chances de implementar com sucesso o controle biológico aplicado de ácaros na cultura do morangueiro (FADINI et al., 2004).

Na Europa e na América do Norte, o controle biológico de ácaros que atacam o morangueiro é prática utilizada por diversos produtores, cuja produção de morango atende ao exigente mercado consumidor (CROFT et al., 1998; EASTERBROOK et al., 2001; CROSS et al., 2001). Além dos ácaros predadores [*P. macropilis*, *P. persimilis*, *Amblyseius californicus*, *Galendromus* (= *Metaseiulus*) *occidentalis*], outros agentes de controle biológico, como joaninhas (*Stethorus* spp.), tripes (*Scolothrips* spp.)

⁵Informação concedida por Marcelo Poletti, engenheiro agrônomo da Promip, em 29 de junho de 2009.

e percevejos predadores (*Orius* spp.) são utilizados nesses programas (FRESCATA; MEXIA, 1996; CROSS et al., 2001).

A EPAMIG e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) conduzem projetos de pesquisa que objetivam estabelecer bases metodológicas para implementação do controle biológico aumentativo do ácaro-rajado *T. urticae* na cultura do morangueiro, em Minas Gerais (FADINI et al., 2004). Tais projetos envolvem a utilização de ácaros predadores da família Phytoseiidae os quais se destacam pela eficiência na redução tanto de baixas como de altas populações de ácaros-praga (SABELIS, 1981; HELLE; SABELIS, 1985; MORAES, 1991, 2002). Como etapa inicial para implantação desse programa, foram levantadas as espécies de ácaros predadores em morangueiro nas principais regiões produtoras de morango do Estado, nos municípios de Barbacena (21°13' S; 43°46' W; altitude de 1.165 m), Caldas (21°55' S; 46°23' W; altitude de 1.150 m) e Pouso Alegre (22°13' S, 45°56' W; altitude de 832 m). A espécie de ácaro predador coletada em maior abundância foi a *P. macropilis* (Fig. 3).

Em testes de laboratório, o predador *P. macropilis* apresentou capacidade predatória nas diferentes fases biológicas do ácaro-rajado, com as maiores taxas de predação sobre os ovos (OLIVEIRA et al., 2007). Em estudos de casa de vegetação, *P. macropilis* necessitou de, aproximadamente, 20 dias para iniciar a redução da popu-

lação do ácaro-rajado sobre morangueiros infestados inicialmente com cem indivíduos da praga. Após 35 dias a população do ácaro-rajado foi extinta (OLIVEIRA et al., 2007; 2009) (Gráfico 1). Além da alta taxa de predação, *P. macropilis* foi capaz de localizar a longas distâncias morangueiros infestados pelo ácaro-rajado por meio dos voláteis induzidos pela herbivoria de *T. urticae*.

A metodologia de criação desse ácaro predador, visando seu aumento para posterior liberação, também foi estudada. O predador *P. macropilis* foi criado em casa de vegetação sobre feijoeiros, tendo o ácaro-rajado como alimento. A relação 7:25 predador:presa produziu maior

número de predadores, $159,4 \pm 28$. A definição das metodologias de liberação e avaliação, bem como a identificação dos principais fatores de mortalidade e eficiência de predação do ácaro *P. macropilis* no campo, complementarão as informações necessárias para se estabelecerem as bases metodológicas para a implantação do programa de controle biológico aplicado de *T. urticae* na cultura do morangueiro.

Atualmente, estão sendo conduzidos estudos que envolvem a seleção de linhagens do ácaro predador *P. macropilis* resistentes ao acaricida abamectin, utilizado no cultivo do morango. Resultados preliminares demonstraram que há algum grau de

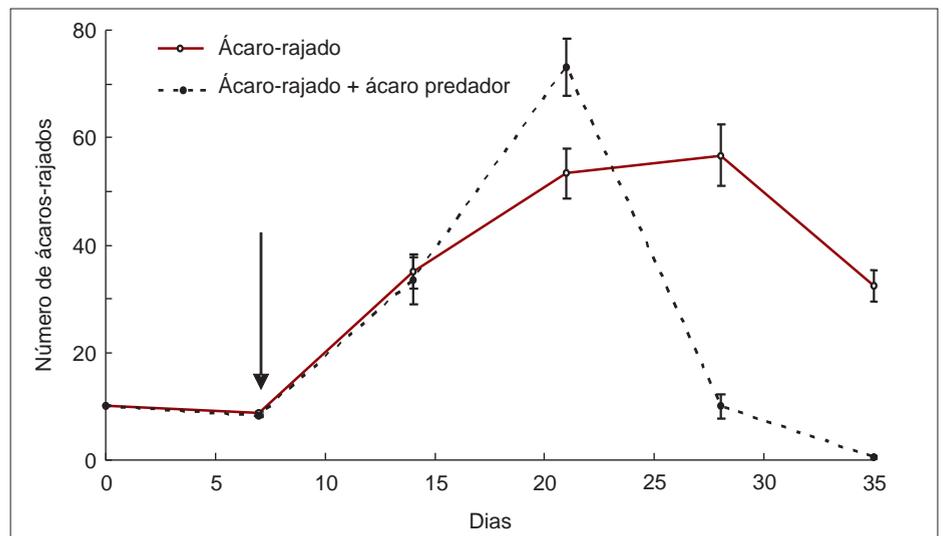


Gráfico 1 - Número médio de formas móveis do ácaro-rajado em função do tempo (dias) sobre plantas de morangueiro com e sem o predador *Phytoseiulus macropilis*

NOTA: A seta indica quando o predador foi liberado.

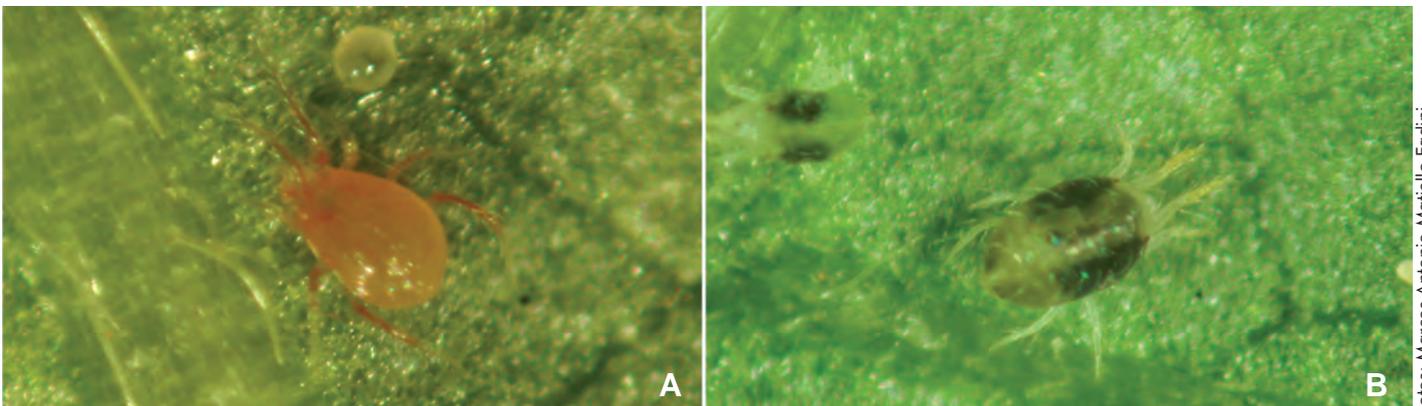


Figura 3 - Controle biológico na cultura do morangueiro

NOTA: A - Ácaro predador *Phytoseiulus macropilis*; B - Ácaro-rajado *Tetranychus urticae*.

resistência ao abamectin em linhagens coletadas no campo. Em testes de laboratório, o aumento da concentração de abamectin não afetou a taxa instantânea de crescimento populacional dos ácaros predadores provenientes de áreas de produção de morango sob cultivo convencional. O mesmo não foi observado para a população de predadores mantida em casa de vegetação, onde não havia aplicação de agrotóxicos, na qual a taxa instantânea de crescimento populacional foi afetada negativamente pela concentração de abamectin.

Embora a resistência a inseticidas e acaricidas não seja frequente em inimigos naturais, atualmente são conhecidos casos de resistência em ácaros predadores da família Phytoseiidae (SATO et al., 2002). Estes apresentam taxas reprodutivas elevadas, exibem características de migração e atributos de colonização que favorecem a evolução da resistência a pesticidas, em escala local. Além disso, os fitoseídeos apresentam ciclo biológico curto, podendo desenvolver-se de ovo a adulto em até duas semanas. Isto pode favorecer o desenvolvimento da resistência a agrotóxicos. A busca por populações de ácaros predadores resistentes a agrotóxicos contribui para o aprimoramento do manejo integrado de ácaros-praga na cultura do morango, aumentando a possibilidade de integrar o controle biológico e o controle químico por meio da liberação de ácaros predadores resistentes (HOY, 2006).

Em sistemas orgânicos de produção é comum a utilização de produtos não convencionais para o controle de pragas. Um produto bastante utilizado na produção orgânica de morango é o extrato de nim (*Azadirachta indica*). Apesar da eficiência no controle de *T. urticae*, alguns produtos derivados do nim, quando não utilizados corretamente, podem ter efeito negativo sobre os ácaros predadores. Em pesquisas recentes, no entanto, verificou-se que a utilização de produtos derivados do nim em doses que causaram a interrupção do

crescimento populacional de *T. urticae*, não afetou negativamente a população *P. macropilis* em casa de vegetação. Essas concentrações corresponderam à Concentração Letal (CL₉₁), para o NeemPro, CL₈₅, para Organic Neem e CL₈₈, para Natuneem. Portanto, a utilização de concentrações adequadas desses produtos proporciona controle satisfatório da praga e manutenção das populações do ácaro predador (em fase de elaboração)⁶.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle biológico de ácaros fitófagos é realizado no Brasil em larga escala, como no caso do controle biológico de ácaros na macieira, mas é ainda incipiente em outras culturas (pêssego, nectarina, morango e flores). Existem tecnologias e conhecimentos necessários para implantar mais programas em culturas de importância econômica. Além de ser eficiente, quando bem planejado, o controle biológico agrega valor ao produto agrícola, estabelecendo uma imagem de produção ecológica, livre de agrotóxicos, para os consumidores. Portanto, existem benefícios ecológicos e econômicos que se associam ao benefício humano da sustentabilidade do sistema agrícola explorado. Dessa forma, a estratégia de controle biológico para ácaros deve ser difundida pelos técnicos que prestam serviço aos produtores, como método que agrega valor à produção.

É imprescindível, porém, que técnicos e produtores tenham consciência de que a aplicação do controle biológico, como meio alternativo ao uso de agrotóxico, demanda conhecimento do meio ambiente agrícola. Sem o conhecimento do agroecossistema local não é possível ter sucesso com a prática agrícola convencional e menos sucesso, ainda, será alcançado ao se explorarem sistemas orgânicos e/ou ecológicos. Esses sistemas agregam mais valor ao produto final e permitem ao produtor alcançar mercados mais rentáveis. No entanto, esse mercado exigente

demanda produtos diferenciados e para se conseguir essa produção é necessário que o produtor tenha conhecimentos de biologia, ecologia, administração rural, sociologia, etc. Portanto, os produtores e técnicos precisam usar de tecnologias que atendam ao consumidor e, dessa forma, conseguirão ter uma produção mais rentável em uma propriedade sustentável.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos projetos de pesquisa financiados e pelas bolsas de produtividade científica concedidas.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, P. **Conservation biological control**. San Diego: Academic Press, 1998. 396p.
- CROFT, B.A.; PRATT, P.D.; KOSKELA, G.; KAUFMAN, D. Predation, reproduction, and impact of phytoseiid mites (Acari : Phytoseiidae) on cyclamen mite (Acari : Tarsonemidae) on strawberry. **Journal of Economic Entomology**, v.91, n.6, p.1307-1314, Dec. 1998.
- CROSS, J.V.; EASTERBROOK, M.A.; CROOK, A.M.; CROOK, D.; FITZGERALD, J.D.; INNOCENZI, P.J.; JAY, C.N.; SOLOMON, M.G. Natural enemies and biocontrol of pests of strawberry in northern and central Europe. **Biocontrol Science and Technology**, v.11, n.2, p.165-216, Apr. 2001.
- DUARTE, V.S.; SILVA, R.A.; WEKESA, V.W.; RIZZATO, F.B.; DIAS, C.T.S.; DELALIBERA JUNIOR, I. Impact of natural epizootics of the fungal pathogen *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales) on population dynamics of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in tomato and nightshade. **Biological Control**. No prelo.
- EASTERBROOK, M.A.; FITZGERALD, J.D.; SOLOMON, M.G. Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and twos-potted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (*Amblyseius*) (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**,

⁶Trabalho dos autores, Alberto Soto Giraldo, Madelaine Venzon, Hamilton Homes Oliveira, Rafael Macedo Oliveira e Augusto Pallini, ainda não publicado.

- v.25, n.1 p.25-36, Jan. 2001.
- EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. **BioControl**, v.46, n.4, p. 387-400, Dec. 2001.
- ELLIOT, S.L.; ROCHA, S.L. Controle biológico clássico do ácaro-verde da mandioca. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Coord.). **Avanços no controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2008. p.53-70.
- FADINI, M.A.M.; PALLINI, A.; VENZON, M. Controle de ácaros em sistema de produção integrada de morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1271-1277, jul./ago. 2004.
- FAIN, A.; BOCHKOV, A.V. A review of the genus *Cheyletus* Latreille, 1776 (Acari: Cheyletidae). **Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique Entomologie**, v.71, p.83-114, 2001.
- FERLA, N.J.; MORAES, G.J. de. Oviposição dos ácaros predadores *Agistemus floridanus* Gonzalez, *Euseius concordis* (Chant) e *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker) (Acari) em resposta a diferentes tipos de alimento. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.20, n.1 p.153-155, mar. 2003.
- FRESCATA, C.; MEXIA, A. Biological control of thrips (Thysanoptera) by *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae) in organically-grown strawberries. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.13, p.141-148, 1996.
- HELLE, W.; SABELIS, M.W. (Ed.) **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. 405p.
- HOY, M.A. Perspective on the development of genetically modified arthropod natural enemies for agricultural pest management programmes. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, n.58, p.1-12, 2006.
- HUSSEY, N.W.; SCOPES, N.E.A. Greenhouse vegetables (Britain). In: HELLE, W.; SABELIS, M.W. (Ed.). **Spider mites: their biology, natural enemy and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. p.285-297.
- LAING, J.E.; KNOP, N.F. Potential use of predaceous mites other than Phytoseiidae for biological control of orchard pests. In: HOY, M.A.; CUNNINGHAM, G.; KNUSTSON, L. (Ed.). **Biological control of pests by mites**. Berkeley: University of California, 1983. p.28-35.
- LESNA, I. **Bulb mite biocontrol: evolutionary genetics of prey choice in soil predators**. 117p. (Ph.D. Thesis) - University of Amsterdam, The Netherlands 1998.
- LIANG, W.; HUANG, M. Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: a review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.50, n.1, p. 29-37, Aug. 1994.
- LUKÁŠ, J.; STEJSKAL, V.; JAROŠÍK, V.; HUBERT, J.; ŽD'ÁRKOVÁ, E. Differential natural performance of four Cheyletus predatory mite species in Czech grain stores. **Journal of Stored Products Research**, v.43, n.1, p.97-102, 2007.
- MANIANIA, N. K.; BUGEME, D.M.; WEKESAJ, V.W.; DELALIBERA, I.; KNAPP, M. Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops. **Experimental and Applied Acarology**, v.46, n.1, p.259-274, Dec. 2008.
- MATIOLI, A.L.; TAVARES, M. G.; PALLINI, A. *Agistemus pallinii* n. sp. (Acari: Stigmaeidae) from citrus orchards in Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 33, n. 3, p.245-251, Sept. 2007.
- MATOS, H.C.; PALLINI, A.; CHAVES, F.F.; GALBIATI, C. Domácias do cafeeiro beneficiam o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae)? **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.1, p.57-63, jan./fev. 2004.
- MONTEIRO, L.B. Criação de ácaros fitófagos e predadores: um caso de produção de *Neoseiulus californicus* por produtores de maçã. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA - FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002a. p.351-362.
- _____. Manejo integrado de pragas em macieira no Rio Grande do Sul II: uso de *Neoseiulus californicus* para o controle de *Panonychus ulmi*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.395-405, ago. 2002b.
- _____; DOLL, A.; BOEING, L.F. Densidade de *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) no controle do ácaro-vermelho da macieira, Fraiburgo-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.902-906, dez.2008.
- MORAES, G.J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário**. Controle biológico, Belo Horizonte, n.167, p.55-62, 1991.
- _____. Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**, São Paulo: Manole, 2002. p.225-237.
- _____; MCMURTRY, J.A.; DENMARCK, H.A.; CAMPOS, C.B. A revised catalogo of the mites family Phytoseiidae. **Zootaxa**, Auckland, v.434, p.1-494, Feb. 2004.
- OLIVEIRA, H.; FADINI, M.A.M.; VENZON, M.; REZENDE, D.; REZENDE, F.; PALLINI, A. Evaluation of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of the two-spotted spider mite on strawberry plants under greenhouse conditions. **Experimental and Applied Acarology**, v.47, n.4, p.275-283, Apr. 2009.
- _____; JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; FADINI, M.; DUARTE, V. A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Kock (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, v.42, n.2, p.105-109, Aug. 2007.
- OOMEN, P.A. Studies on population dynamics of the Scarlet Mite, *Brevipalpus phoenicis*, a pest of tea in Indonesia. **Med. Landbouwhogeschool Wagen**, v.82, p.1-88, 1982.
- PALLINI, A.; FADINI, M.A.M.; VENZON, M.; MORAES, G.J.de; BARROS-BATTESTI, D.M. Demandas e perspectivas para a acarologia no Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo, v.2, n.3, p.170-176, set./dez. 2007.
- PICKETT, C.H.; GILSTRAP, F.E. Inoculative releases of phytoseiids (Acari) for the biological control of spider mites (Acari: Tetranychidae) in corn. **Environmental Entomology**, v.15, n.4, p.790-794, Aug. 1986.
- SABELIS, M.W. **Biological control of two-spotted spider mites using phytoseiid predators**. 1981. 242f. (Ph.D. Thesis) - Prey Interaction at the Individual Level, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands, 1981.
- SANTOS, M.A.; LAING, J.E. Other predaceous mites and spiders: stigmaeid predators. In: HELLE, W.; SABELIS, M.W. (Ed.). **World crop pests, spider mites, their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. p.197-203.
- SATO, M.E.; SILVA, M.de; GONÇALVES, L.R.; SOUZA FILHO, M.F.de; RAGA, A. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.3, p.449-456, jul./set. 2002.
- ŽD'ÁRKOVÁ, E. Biological control of storage mites by *Cheyletus eruditus*. **Integrated Pest Management Reviews**, v.3, n.2, p.111-116, June. 1998.

Controle biológico de pragas com o uso de parasitoides

Marcus Vinicius Sampaio¹

Resumo - Os parasitoides são os inimigos naturais mais utilizados no mundo para o controle biológico de pragas. Nas ordens Hymenoptera e Diptera, encontram-se a maior diversidade de parasitoides e as principais famílias utilizadas em programas de controle biológico. Em Diptera, destacam-se os parasitoides das famílias Phoridae e Tachinidae, pela importância no controle biológico natural, no entanto, com poucos exemplos de sua utilização. Os principais programas de controle biológico aplicados no Brasil são com parasitoides da ordem Hymenoptera. O pulgão-lanífero-da-maciceira, os pulgões-do-trigo, o minador-dos-citros e as cochonilhas-da-mandioca foram controlados eficientemente no País com a introdução de himenópteros parasitoides, por meio do controle biológico clássico. Já o controle da broca-da-cana-de-açúcar, no Brasil, é um dos maiores e mais bem-sucedidos programas de controle biológico aumentativo do mundo com o uso do parasitoide de larvas *Cotesia flavipes* (Cameron). A utilização de parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* para o controle biológico de Lepidoptera vem sendo realizada em grandes áreas na América Latina e em diversas culturas no Brasil. Embora a pesquisa com parasitoides tenha avançado nos últimos anos no País, é necessária a consolidação dos projetos em desenvolvimento, para que cheguem ao setor produtivo.

Palavras-chave: Biocontrole. Controle alternativo. Aphelinidae. Braconidae. Diptera. Encyrtidae. Figitidae. Hymenoptera. Phoridae. Tachinidae. Trichogrammatidae.

INTRODUÇÃO

Os parasitoides formam o grupo de inimigos naturais mais utilizado em programas de controle biológico de pragas no mundo. A maioria dos programas bem-sucedidos de controle biológico clássico ou aumentativo foi obtida por meio da utilização de parasitoides. A especificidade encontrada em muitas dessas espécies tornou atrativa a introdução desses inimigos naturais em programas de controle biológico clássico. A sua eficiência em localizar e parasitar seus hospedeiros, mesmo em baixas populações, contribuiu sobremaneira para o sucesso de programas de controle biológico aumentativo. Além disso, o controle biológico natural

exercido pelos parasitoides não deve ser negligenciado em nenhum agroecossistema, pela contribuição na manutenção das populações de algumas espécies de insetos em níveis baixos, que não causem danos econômicos.

São encontrados parasitoides em cinco ordens de insetos holometábolos. No entanto, em Diptera e, principalmente, em Hymenoptera este grupo é abundante. Existem em torno de 50 mil espécies descritas de parasitoides em 56 famílias de Hymenoptera. A grande diversidade de hospedeiros em diferentes *habitats* faz dos himenópteros parasitoides um dos grupos de maior importância no controle biológico de pragas, utilizados em diversos programas pelo mundo. Por apresentarem maior

especificidade hospedeira são, em muitos casos, preferidos em controle biológico aumentativo (EGGLETON; BELSHAW, 1993; GODFRAY, 1994). Na ordem Diptera foram descritas, aproximadamente, 15 mil espécies de parasitoides em 22 famílias (GODFRAY, 1994; FEENER-JUNIOR; BROWN, 1997).

Em outras ordens de insetos, o número de espécies de parasitoides é menor. Por exemplo, em Coleoptera são encontradas em torno de 2,5 mil espécies de parasitoides em 11 famílias (EGGLETON; BELSHAW, 1993; GODFRAY, 1994). Já em Lepidoptera (uma espécie da família Pyralidae e dez da família Epipyropidae) e Neuroptera (50 espécies da família Mantispidae) são mencionadas poucas espécies de parasitoides

¹Eng^o Agr^o, Dr., Prof. Adj. Universidade Federal de Uberlândia, Caixa Postal 593, CEP 38408-100 Uberlândia - MG. Correio eletrônico: mvsampaio@iciag.ufu.br

na literatura (GODFRAY, 1994). Embora insetos da ordem Strepsiptera sejam comumente tidos como parasitas, Kathirithamby (2009) considerou o mecanismo de vida desses insetos como uma nova categoria dentro dos parasitoides.

Alguns autores consideram que o número de espécies de insetos a serem descritas é maior do que o número de espécies já descritas. Dessa forma, as estimativas mais otimistas indicam que o número de espécies de parasitoides seja de até 20% do número total de espécies de insetos, o que daria um montante de, aproximadamente, 2 milhões de espécies de parasitoides no mundo (GODFRAY, 1994; PENNACCHIO; STRAND, 2006).

No Brasil, os principais casos de sucesso de controle biológico clássico com o uso de parasitoides são o do pulgão-lanígero-damaciaeira, dos pulgões-do-trigo, do minador-dos-citros e das cochonilhas-da-mandioca. Ainda, há no País um dos maiores e mais bem-sucedidos programas de controle biológico aumentativo do mundo com o uso de um parasitoide, o controle biológico da broca-da-cana-de-açúcar. A utilização de parasitoides de ovos, para o controle de lepidópteros pragas, também merece destaque.

INTERAÇÃO PARASITOIDE/HOSPEDEIRO

O termo parasitoide foi designado para definir um comportamento de utilização do hospedeiro que só existe em insetos, no qual as larvas são parasitas obrigatórias e os adultos apresentam vida livre. Os hospedeiros dos parasitoides são, geralmente, outros insetos, embora aranhas e até mesmo lesmas também sirvam como hospedeiros. Os parasitoides são insetos que se desenvolvem sobre ou dentro de seu hospedeiro, ectoparasitoides e endoparasitoides, respectivamente. Precisam somente de um hospedeiro para completar seu ciclo de ovo a adulto e, matam este hospedeiro, quando seu ciclo está completo (Fig. 1). Os parasitoides gregários são aqueles que toleram o desenvolvimento de coespecíficos, podendo ser gerados vários indivíduos por

hospedeiro. Os parasitoides solitários eliminam seus coespecíficos por competição larval, ocorrendo o desenvolvimento de somente um indivíduo por hospedeiro.

A maioria dos parasitoides utiliza, especificamente, uma das fases de desenvolvimento de seu hospedeiro, sendo comuns as de ovos, larvas ou pupas. Algumas espécies de parasitoides podem ovipositar em determinada fase do hospedeiro e só completar seu desenvolvimento quando este trocar de fase. Assim, pode-se ter parasitoides de ovo-larva e larva-pupa. A fase adulta dos insetos também é utilizada como hospedeiro, embora com menor frequência e por poucas espécies de parasitoides (GODFRAY, 1994).

Os parasitoides podem ser divididos em idiobiontes, em que o hospedeiro tem seu desenvolvimento interrompido por causa do parasitismo, e os cenobiontes, nos quais os hospedeiros continuam o seu desenvolvimento e crescimento concomitantemente com o desenvolvimento das formas jovens do parasitoide. Os

idiobiontes são, em geral, ectoparasitoides, que paralisam ou utilizam estádios sésseis de seus hospedeiros como ovos e pupas, enquanto que os cenobiontes são, em sua maioria, endoparasitoides de estádios larvais (PENNACCHIO; STRAND, 2006). A dicotomia entre idiobionte e cenobionte ainda pode ser usada para determinar algumas diferenças entre esses grupos, já que os cenobiontes apresentam menor longevidade, ovos menores e maior fecundidade que os idiobiontes (MAYHEW; BLACKBURN, 1999).

Alguns parasitoides sofreram adaptação para parasitar outro parasitoide. Nesse caso, são chamados hiperparasitoides. Estão presentes em várias famílias de Hymenoptera e podem afetar negativamente o controle biológico de pragas. Os hiperparasitoides podem ser idiobiontes ou cenobiontes, sendo, algumas vezes, os idiobiontes chamados pseudo-hiperparasitoides e os cenobiontes de verdadeiros hiperparasitoides (BUENO; SAMPAIO, 2009).

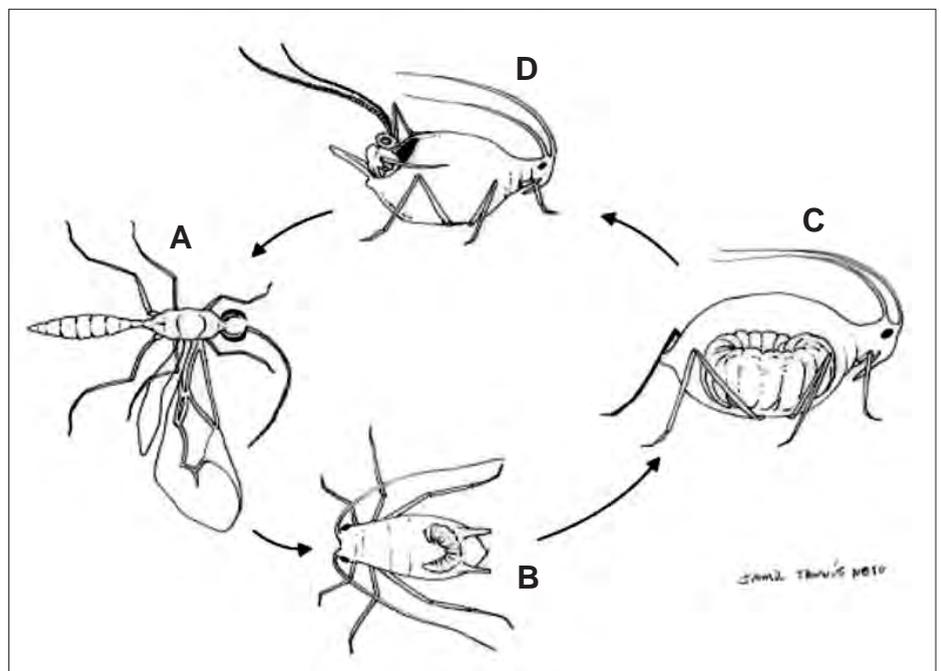


Figura 1 - Ciclo de vida de um parasitoide

FONTE: Sampaio et al. (2008).

NOTA: A - A fêmea localiza e oviposita dentro do (ou sobre) seu hospedeiro; B - A larva do parasitoide desenvolve-se dentro (ou sobre) do corpo do hospedeiro; C - A larva do parasitoide, quando completa seu desenvolvimento, mata o hospedeiro; D - O parasitoide adulto emerge do seu hospedeiro.

Após o parasitismo, várias alterações promovidas pelos parasitoides ocorrem nos hospedeiros. Essas alterações são causadas tanto pelos parasitoides idiobiontes como pelos cenobiontes, por meio do veneno injetado pela fêmea no momento da oviposição, pelas células gigantes ou teratócitos, que têm origem na membrana serosa de seus ovos, ou por substâncias excretadas pelas larvas do parasitoide em desenvolvimento. Ainda, vírus associados aos parasitoides podem ser introduzidos junto com os ovos. Essas substâncias e partículas virais visam inibir o sistema de defesa dos hospedeiros e preparar o ambiente para o desenvolvimento dos parasitoides. Evidentemente, essas alterações são prejudiciais aos hospedeiros e apresentam-se como uma fonte de moléculas e de mecanismos a ser explorada para o controle de pragas (BECKAGE; GELMAN, 2004).

FAMÍLIAS DE PARASITOIDES UTILIZADAS EM CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS

Na ordem Diptera, duas famílias são importantes no controle biológico de pragas. A família Phoridae é composta por diversas espécies que se alimentam de matéria orgânica, porém há espécies que são parasitoides, predadoras ou fitófagas. Os forídeos parasitoides destacam-se por ser parasitoides de formigas. Atacam uma das mais importantes pragas na América Latina, as formigas-cortadeiras do gênero *Atta*. A mortalidade das formigas-cortadeiras, promovida pelos forídeos, é baixa, não ultrapassando 4% (BRAGANÇA et al., 1998; BRAGANÇA; MEDEIROS, 2006). No entanto, a presença dos parasitoides reduz o volume de massa verde cortada pelas formigas e, conseqüentemente, o dano causado (BRAGANÇA et al., 1998). Os forídeos estão sendo utilizados no programa de controle biológico clássico da formiga-de-fogo (*Solenopsis* spp.), nos Estados Unidos. A grande população de formigas e as reações causadas às pessoas, após seu ataque, fizeram desse inseto uma ameaça à saúde pública nos Estados

Unidos. Tanto a praga, quanto os forídeos utilizados no programa de controle biológico têm origem sul-americana. Parasitoides como *Pseudacteon tricuspis* Borgmeier, originário do Brasil e introduzido entre 1997 e 1999 na Flórida e no Texas, e *P. curvatus* Borgmeier, originário da Argentina e introduzido em 1999 no Tennessee, Alabama e Florida, estabeleceram-se nos Estados Unidos (GAHAM et al., 2003; PEREIRA; PORTER, 2006; LE BRUM et al., 2008).

A família Tachinidae é composta exclusivamente de parasitoides, sua diversidade concentra-se principalmente nas regiões tropicais do planeta e exerce um papel importante no controle biológico natural de muitas pragas agrícolas. Os taquinídeos apresentam uma ampla gama de hospedeiros, desde insetos até lesmas. No entanto, destacam-se no controle biológico de diversas espécies de pragas por serem parasitoides de lagartas (Lepidoptera) e de percevejos (Hemiptera), além de algumas espécies em Coleoptera nas famílias Scarabaeidae e Chrysomelidae. A introdução de taquinídeos em programas de controle biológico clássico tem sido evitada em função de acreditar que a maioria das espécies é polífaga. Contudo, estudos mais detalhados em parasitoides de lagartas têm demonstrado que os taquinídeos são bem especializados, atacando poucas ou várias espécies, mas que ocupam um nicho específico (STIREMAN et al., 2006).

Em programas de controle biológico aumentativo, a utilização de taquinídeos está muito abaixo do potencial que apresenta. Embora algumas espécies sejam usadas em programas de controle biológico, como o da broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius), em alguns países da América do Sul e Central (LENTEREN; BUENO, 2003), nas regiões tropicais, uma maior atenção deveria ser dada a esta família de parasitoides, visando incrementar sua utilização em programas de controle biológico de pragas.

Na ordem Hymenoptera, quatro superfamílias merecem maior destaque,

Ichneumonoidea, Chalcidoidea, Cynipoidea e Proctotrupoidea. A superfamília Ichneumonoidea (Fig. 2) é composta exclusivamente de parasitoides e apresenta duas famílias, Braconidae e Ichneumonidae, as quais apresentam um número estimado de 100 mil espécies. Ambas são abundantes em regiões tropicais e apresentam desde idiobiontes ectoparasitoides de brocas a cenobiontes endoparasitoides de pulgões, lagartas e larvas de mosca (WHITFIELD, 1998).



Marcus Vinícius Sampaio

Figura 2 - Parasitoide da superfamília Ichneumonoidea

Os braconídeos são muito utilizados em programas de controle biológico de pragas, destacando-se no controle de pulgões, lagartas de lepidópteros e larvas de moscas. Dois programas de controle biológico com braconídeos destacam-se no Brasil, o dos pulgões-do-trigo e o da broca-da-cana-de-açúcar.

O caso de maior sucesso de controle biológico clássico no Brasil utilizando braconídeos, foi para o controle dos pulgões-do-trigo. As populações dos pulgões *Metopolophium dirhodum* (Walker) e *Sitobion avenae* (Fabricius) foram reduzidas drasticamente pelos parasitoides *Aphidius ervi* Haliday, *Aphidius rhopalosiphii* DeStefani-Perez, *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetskii e *Praon volucre* (Haliday), introduzidos da Europa, Israel e Chile, no período de 1978 a 1992. O impacto

econômico desse programa de controle biológico, para a cultura do trigo no Brasil, foi estimado em US\$40 milhões/ano, pela diminuição da aplicação de inseticidas químicos (SALVADORI; SALLES, 2002). Estes parasitoides também foram encontrados em várias outras espécies de pulgões-pragas em outras culturas agrícolas, o que, sem dúvida, aumenta o impacto econômico desse programa de controle biológico no País (STARÝ et al., 2007).

O programa de controle biológico da broca-da-cana-de-açúcar, *D. saccharalis*, por sua vez, é um exemplo de controle biológico aumentativo com uso de um braconídeo. Esse programa ocupa hoje uma área de aproximadamente, 2,5 milhões de hectares, na América Latina (LENTEREN; BUENO, 2003). O braconídeo *Cotesia flavipes* (Cameron), de origem asiática, foi introduzido no Brasil, oriundo de Trinidad e Tobago, em 1974. O parasitoide estabeleceu-se e hoje é criado em insetários comerciais e liberado anualmente de maneira inundativa em uma área de, aproximadamente, 1,5 milhão de hectares, para o controle da broca-da-cana-de-açúcar (GARCIA et al., 2009).

A superfamília Chalcidoidea (Fig. 3) é composta por pequenas vespas, que muitas vezes não têm mais do que poucos milímetros. A maioria é de parasitoides ou hiperparasitoides, com algumas poucas espécies fitófagas. Várias famílias são importantes



Marcus Vinícius Sampaio

Figura 3 - Parasitoide da superfamília Chalcidoidea

em controle biológico, merecendo maior destaque no Brasil as famílias Aphelinidae, Eulophidae, Encyrtidae e Trichogrammatidae. Os afelinídeos são eficientes parasitoides de Hemiptera (Sternorrhyncha), como pulgões, cochonilhas e moscas-brancas. Os dois primeiros casos de sucesso de controle biológico clássico no Brasil foram com afelinídeos. O primeiro foi o da cochonilha-do-pessegueiro, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ-Tozz), pela introdução do afelinídeo *Prospaltella* (= *Encarsia*) *berlesi* (Howard), em 1921. O segundo foi o do pulgão-lanífero-da-macieira, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), com a introdução do parasitoide *Aphelinus mali* (Haldeman), em 1923. Os dois programas tiveram sucesso e mantêm as pragas sob controle até os dias de hoje (PARRA et al., 2002). Além disso, na família Aphelinidae ainda se encontram dois gêneros de parasitoides com grande importância no controle biológico aumentativo, *Encarsia*, utilizado principalmente no controle biológico de moscas-brancas (LENTEREN; BUENO, 2003) e *Aphytis* importante parasitoide de cochonilhas da família Diaspididae (SAMPAIO et al., 2008).

Os eulofídeos são importantes parasitoides de larvas-minadoras, sendo agentes importantes de controle biológico do minador-dos-citros, *Phyllocnistis citrella* Stainton, e do bicho-mineiro-do-café, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Menèville). Embora a ação desses parasitoides não seja suficiente para manter as populações dessas pragas abaixo do nível econômico, sua contribuição para a redução populacional, principalmente do bicho-mineiro, tem sido marcante (SAMPAIO et al., 2008). Os encirtídeos apresentam destaque como parasitoides de cochonilhas. Um importante programa de controle biológico clássico no Brasil foi o da cochonilha-das-pastagens, *Antonina graminis* (Mask), pela introdução do parasitoide *Neodusmetia sangwani* (Rao), em 1967. Mais recentemente, dois casos de sucesso do controle biológico no Brasil, com o uso de parasitoides da

família Encyrtidae, foram os do minador-dos-citros, *P. citrella*, e o da cochonilha-da-mandioca, *Phenacoccus herreri* Cox & Williams. *P. citrella* é uma importante praga do citros e tem origem na Ásia. No Brasil, foi controlada pela introdução, em 1998, do encirtídeo *Ageniaspis citricolla* Logvinovskaya, de origem asiática e proveniente da Flórida. Esta espécie de parasitoide foi escolhida, pelo seu grande sucesso na Austrália e, posteriormente, na Flórida. *A. citricolla* passou a ser a espécie dominante no Brasil, representando mais de 80% dos parasitoides encontrados sobre o minador-dos-citros e o principal fator de mortalidade desta praga (CHAGAS et al., 2002). A cochonilha-da-mandioca é originária do norte da América do Sul, e seus inimigos naturais foram coletados na mesma região. As introduções dos encirtídeos deram-se no período de 1994 a 1996. *Acerophagus cocois* Smith e *Aenasius vexans* (Kerrich) foram introduzidos no Brasil, oriundos da Venezuela, e *Apoanagyrus diversicornis* (Howard) originário da Colômbia. As populações de *P. herreri* foram reduzidas em 50%, no segundo ano após a introdução dos parasitoides e em 70%-90% no terceiro ano (BENTO et al., 2002). O programa de controle biológico do minador-dos-citros visou atender um importante setor da agroindústria no Sudeste brasileiro, maior exportadora mundial de suco de laranja. Já o controle biológico da cochonilha-da-mandioca atendeu pequenos agricultores no Nordeste do Brasil. Esses dois exemplos ilustram bem a abrangência econômica e social que pode ter o controle biológico clássico.

A família Trichogrammatidae é composta por parasitoides de ovos de Lepidoptera. O gênero *Trichogramma* é o mais utilizado no mundo, em programas de controle biológico e em diversas espécies de pragas em uma variedade de culturas como tomate, milho, algodão e cana-de-açúcar. No México, a área empregada no controle biológico de lepidópteros-praga com a liberação de *Trichogramma* é

estimada em cerca de 1,5 milhão de hectares. Na América do Sul, a utilização de *Trichogramma* é realizada em uma área de 1,2 milhão de hectares. Destaca-se a Colômbia, com a liberação inundativa periódica de *Trichogramma* em uma área de, aproximadamente, 200 mil hectares em algodão, soja, mandioca, tomate, sorgo e cana-de-açúcar (LENTEREN; BUENO, 2003). No Brasil, Parra e Zucchi (2004) destacam o uso com sucesso de liberações inundativas de *Trichogramma pretiosum* Riley, para o controle de *Tuta absoluta* (Meirick), em tomateiro, de *Alabama argilaceae*, em algodoeiro, e de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *T. pretiosum* para o controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em milho.

Na superfamília Cynipoidea, destaca-se a família Figitidae. Os figítídeos são parasitoides de larvas de moscas, encontrados parasitando diversas espécies importantes de minadores-de-folhas e moscas-das-frutas. Em regiões tropicais, sua importância é grande em culturas como batata, feijão e tomate, e em diversas frutíferas, como goiaba e laranja (SAMPAIO et al., 2008). Na família Figitidae, encontrou-se a espécie *Alloxysta fuscicornis* (Harting) (Fig. 4), que é um importante hiperparasitoide de pulgões, o qual causa sérias limitações no controle biológico natural do parasitoide *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Fig. 5) sobre os pulgões das brássicas (BUENO; SAMPAIO, 2009). Em levantamentos de, aproximadamente, três anos na cidade de Uberlândia, foi possível observar que, embora *D. rapae* tenha grande potencial para controlar o pulgão-da-couve, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus), a ação do hiperparasitoide *A. brassicae* diminui a efetividade do parasitoide em épocas mais quentes do ano, tornando o controle biológico natural ineficaz.

A superfamília Proctrotuproidea destaca-se pela utilização de parasitoides de ovos da família Scelionidae, para o controle de percevejos. A utilização desses parasitoides

no controle biológico de percevejos da soja vem sendo empregada em várias partes do mundo. No Brasil, Corrêa-Ferreira (2002) destaca o grande potencial de utilização de *Trissolcus basalisi* (Wollaston) e *Telenomus podisi* Ashmead como inimigos naturais de *Nezara viridula* (Linnaeus) e *Euchistus heros* (Fabricius), respectivamente, em programas de controle biológico aumentativo na cultura da soja.



Marcus Vinicius Sampaio

Figura 4 - *Alloxysta fuscicornis* (Harting) (Hymenoptera: Figitidae) hiperparasitoide de pulgões



Marcus Vinicius Sampaio

Figura 5 - *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Braconidae) parasitoide de pulgões

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora sejam encontrados exemplos de sucesso, a utilização de parasitoides no controle biológico de pragas no Brasil está muito aquém de seu potencial. Novos programas que visem a introdução de parasitoides devem ser encorajados. A pesquisa científica tem progredido muito, o que cria a possibilidade de utilização de muitos outros parasitoides para o controle de pragas em diversas culturas agrícolas, além da grande diversidade de parasitoides que podem ser manejados por meio do controle biológico conservativo.

O incremento do controle biológico passa também por medidas governamentais que promovam a sua utilização, principalmente, pelo aumento da demanda de produtos agrícolas livres de resíduos tóxicos. O avanço do uso de parasitoides no Brasil é também limitado pela carência de taxonomistas. A maior parte das espécies de parasitoides do País está por ser descrita e a grande maioria por estudar o ponto de vista biológico e ecológico. Uma vez atendidos os principais pontos necessários para o avanço do controle biológico no País, os parasitoides, com certeza, irão contribuir muito para a redução dos níveis populacionais das espécies de insetos-praga no Brasil.

AGRADECIMENTO

O autor agradece o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) aos trabalhos desenvolvidos no Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides da Região Sudeste Brasileira (Inct-Hympar Sudeste).

REFERÊNCIAS

- BECKAGE, N.E.; GELMAN, D.B. Wasp parasitoid disruption of host development: implications for new biologically based strategies for insect control. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.49, p.299-330, 2004.
- BENTO, J.M.; MORAES, G.J.; MATOS, A.P.; WARUMBY, J.F.; BELOTTI, A.C. Controle biológico da cochonilha da mandioca no Nordeste do Brasil. In: PARRA, J. R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.395-408.
- BRAGANÇA, M.A.L.; MEDEIROS, Z.C.S. Ocorrência e características biológicas de forídeos parasitóides (Diptera: Phoridae) da saúva *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em Porto Nacional, TO. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.3, p.408-411, maio/jun. 2006.
- _____; TONHASCA-JUNIOR, A.; LUCIA, T.M.C. Reduction in the foraging activity of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohrniphora* sp. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.89, n.3, p.305-311, Dec. 1998.
- BUENO, V.H.P.; SAMPAIO, M.V. Desenvolvimento e multiplicação de parasitóides de pulgões. In: BUENO, V.H.P. (Org.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. p.117-168.
- CHAGAS, M.C.M.; PARRA, J.R.P.; MILANO, P.; NASCIMENTO, A.M.; PARRA, A.L.G.C.; YAMAMOTO, P.T. *Ageniaspis citricola* criação e estabelecimento no Brasil. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 377-394.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S. *Trissolcus basal* para o controle de percevejos da soja. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.449-476.
- EGGLETON, P.; BELSHAW, R. Comparisons of dipteran, hymenopteran and coleopteran parasitoids: provisional phylogenetic explanations. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.48, n.3, p.213-226, Mar.1993.
- FEENER-JUNIOR, D.H.; BROWN, B.V. Diptera as parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.42, p.73-97, 1997.
- GAHAM, L.C.; PORTER, S.D.; PEREIRA, R.M.; DROUGH, H. D.; KELLEY, A. T. Field releases of the decapitating fly *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Alabama, Florida, and Tennessee. **Florida Entomologist**, v.86, n.3, p.334-339, Sept. 2003.
- GARCIA, J.F.; BOTELHO, P.S.; MACEDO, L.P.M. Criação do parasitóide *Cotesia flavipes* em laboratório. In: BUENO, V.H.P. (Org.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2009. p.117-168.
- GODFRAY, H.C.J. **Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology**. Princeton: Princeton University, 1994. 484p.
- KATHIRITHAMBY, J. Host-parasitoid associations in Strepsiptera. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.54, p.227-249, 2009.
- LE BRUM, E.G.; PLOWES, R.M.; GILBERT, L.E. Dynamic expansion in recently introduced populations of fire ant parasitoids (Diptera: Phoridae). **Biological Invasions**, v.10, n.7, p.989-999, Oct. 2008.
- LENTEREN, J.C. van; BUENO, V.H.P. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. **BioControl**, v.48, n.2, p.123-139, Apr. 2003.
- MAYHEW, P.J.; BLACKBURN, T.M. Does development mode organize life-history traits in the parasitoid Hymenoptera? **Journal of Animal Ecology**, v.68, n.5, p.906-916, Sept. 1999.
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle biológico:terminologia.In:_____;_____;_____;_____(Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.1-16.
- _____; ZUCCHI, R.A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.3, p.271-281, May/June 2004.
- PENNACCHIO, F.; STRAND, M.R. Evolution of developmental strategies in parasitic Hymenoptera. **Annual Review of Entomology**, v.51, p.233-258, 2006.
- PEREIRA, R.M.; PORTER, S.D. Range expansion of the fire ant decapitating fly, *Pseudacteon tricuspis*, eight to nine years after releases in North Florida. **Florida Entomologist**, v.89, n.4, p.536-538, Dec. 2006.
- SALVADORI, J.R.; SALLES, L.A.B. Controle biológico dos pulgões do trigo. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.427-448.
- SAMPAIO, M.V.; BUENO, V.H.P.; SILVEIRA, L.C.P.; AUAD, A.M. Biological control of insect pests in the Tropics. In: DEL CLARO, K.; OLIVEIRA, P.S.; RICO-GRAY, V.; BARBOSA, A.A.A.; BONET, A.; SCARANO, F.R.; MORALES-GARZON, F.J.; VILLARNOVO, G.C.; COELHO, L.; SAMPAIO, M.V.; QUESADA, M.; MORRIS, M.R.; RAMIREZ, N.; MARÇAL-JÚNIOR, O.; MACEDO, R.H.F.; MARQUIS, R.J.; MARTINS, R.P.; RODRIGUES, S.C.; LUTTGE, U. (Org.). **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**. Oxford: International Commission on Tropical Biology and Natural Resources, 2008. Disponível em: <<http://www.eolss.net>>. Acesso em: jun. 2009.
- STARÝ, P.; SAMPAIO, M.V.; BUENO, V.H.P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v.51, n.1, p.107-118, Mar. 2007.
- STIREMAN, J.O.; O'HARA, J.E.; WOOD, D.M. Tachinidae: evolution, behavior, and ecology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.51, p.525-555, 2006.
- WHITFIELD, J.B. Phylogeny and evolution of host-parasitoid interactions in Hymenoptera. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.43, p.129-151, 1998.

produtos



da



A natureza a serviço da natureza®

Metarril®

é forte no

Controle de cigarrinhas da pastagem e da cana-de-açúcar

Boveril®

é forte no

Controle de moleque-da-bananeira, controle de orthezia em citrus e controle da broca-do-café

Metarril® + Boveril®

são fortes no

Controle de mosca-branca e ácaro rajado

Trichodermil®

é forte na

Cultura de mamão (controle de *Phytophthora*), cultura de morango (controle do complexo vermelho [Rhizoctonia]), cultura de banana retardando o aparecimento de mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporium*), cultura de feijão (prevenindo lesões de *Fusarium* e *Rhizoctonia*), cultura do milho (vigor e promoção de crescimento), olericultura e floricultura



Convênio Tecnológico com a ESALQ/USP de 1996 a 2008. Registros no MAPA. Marcas registradas.



A natureza a serviço da natureza®

Itaforte BioProdutos Ltda
Rod.Raposo Tavares km 167 CEP 18201-970 - Itapetininga - SP
Fone: (15) 3271 2971
E-mail: itaforte@itafortebioprodutos.com.br
www.itafortebioprodutos.com.br

Controle biológico de pragas com entomopatógenos

Fernando Hercos Valicente¹

Resumo - O manejo integrado de pragas (MIP) tem como base o uso de várias estratégias de controle, tais como: plantas resistentes, inseticidas seletivos aos inimigos naturais, medidas culturais, uso de parasitoides, predadores e patógenos. O controle biológico com entomopatógenos pode ser definido como o uso de fungos, vírus, bactérias, nematoides e protozoários no controle de pragas. Vários fungos são usados em programas de controle biológico como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* e *Noumuraea rileyi*. Dentre os baculovírus destacam-se os nucleopoliedrovírus (VPN) e os granulovírus (VG). Entre as bactérias entomopatogênicas podem-se citar *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus sphaericus*, entre outras. Não há relatos no Brasil do uso de protozoários em grande escala. Vários programas fazem uso de alguns entomopatógenos, mas o percentual ainda é pequeno perto do potencial de controle promovido por estes agentes.

Palavras-chave: Fungo. Protozoário. Vírus. Bactéria.

INTRODUÇÃO

Diante da demanda crescente de alimentos com o aumento contínuo da população mundial, a utilização de produtos químicos aumentou a partir de 1950, para que se realizasse um controle fitossanitário eficiente. Porém, muitos problemas ambientais apareceram com a aplicação de produtos químicos em larga escala, tais como: intoxicação dos aplicadores, contaminação de rios e nascentes e dos produtos para consumo *in natura*, e morte de inimigos naturais. No final dos anos 50, surgiu o conceito do manejo integrado de pragas (MIP), que tem como base o uso de várias estratégias de controle: plantas resistentes, inseticidas seletivos aos inimigos naturais, medidas culturais, uso de parasitoides e predadores, além do uso de entomopatógenos.

O controle biológico com entomopatógenos pode ser definido como o uso de fungos, vírus, bactérias, nematoides e protozoários no controle de insetos-praga.

FUNGOS

Os fungos entomopatogênicos têm como hospedeiros primários os afídeos, moscas-brancas, gafanhotos, moscas, besouros, lagartas, tripes e ácaros. Possuem largo espectro de ação, capazes de colonizar diversas espécies de insetos e ácaros e de causar, com frequência, epizootias em condições naturais (ALVES et al., 2008). Esses patógenos também se diferem de outros grupos por ter a capacidade de infectar todos os estádios de desenvolvimento dos hospedeiros (ALVES et al., 2008).

Os fungos invadem os insetos por diversas vias, principalmente através da cutícula ou pele (tegumento). Uma vez dentro dos insetos, os fungos multiplicam-se rapidamente por todo o corpo. A morte é causada pela destruição dos tecidos e, ocasionalmente, pelas toxinas produzidas pelos fungos. Os fungos entomopatogênicos frequentemente emergem do corpo dos insetos, produzem esporos que, quando espalhados pelo vento, chuva ou contato

com outros insetos, podem causar uma epizootia. Os insetos infectados param de alimentar e tornam-se mais lentos. Estes morrem relativamente rápido, às vezes em uma posição ereta, mas ainda presos na folha ou no ramo. Isto pode ser observado em locais mais elevados ou concentrados na borda das culturas. O corpo do inseto morto pode ser firme e de consistência emborrachada ou de aparência oca. Várias vezes observam-se insetos mortos de cor creme, verde, avermelhada ou marrom, em consequência do crescimento do fungo, quer seja envolvendo o corpo do hospedeiro, quer seja saindo das juntas dos segmentos do corpo.

Fungos entomopatogênicos necessitam de umidade para propiciar a infecção, sendo que as epizootias naturais são mais comuns durante períodos quentes e úmidos. O sucesso do uso de fungos no controle biológico depende de ter o isolado que seja ativo contra o inseto-alvo, dependendo do estágio de vida deste inseto, da umidade

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas - MG. Correio eletrônico: valicent@cnpm.embrapa.br

relativa e da temperatura. Os esporos fúngicos, que podem ser transportados pelo vento e pela água, devem entrar em contato com o hospedeiro para causar infecção. Os principais fungos entomopatogênicos usados em programas de controle biológico no Brasil são: *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. Vale ressaltar fungos de ocorrência natural como *Nomuraea rileyi*. Este fungo provoca epizootias na lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis*, desde que as condições ambientais sejam favoráveis ao desenvolvimento do fungo, entre 26°C e 27°C, e umidade relativa acima de 60% (ALVES et al., 2008).

Controle biológico com fungos entomopatogênicos no Brasil

Os principais programas de controle biológico com fungos entomopatogênicos no Brasil são relatados por Alves et al. (2008) e algumas considerações são apresentadas a seguir.

Cigarrinhas-da-cana-de-açúcar

As cigarrinhas *Mahanarva posticata* e *M. fimbriolata* são importantes pragas da cana-de-açúcar no Brasil, que causam prejuízos econômicos que chegam a 11% na produção e 15% no rendimento industrial, nas Regiões Sudeste e Nordeste. O fungo *M. anisopliae* é aplicado nos estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte e vários locais do Sudeste. São aplicadas concentrações de 5×10^{12} conídios, ou seja, 500 g de conídios do fungo/ha. O custo do fungo varia de US\$ 10 a US\$ 20 e as aplicações são efetuadas via terrestre, com um gasto de 50 a 200 L de água/ha.

Cigarrinhas-das-pastagens

As cigarrinhas do gênero *Mahanarva*, *Deois* e *Zulia* são as principais pragas das pastagens no Brasil e podem ocorrer em até 10 milhões de hectares. Podem reduzir a massa verde em até 15%. Esse grupo de insetos também é suscetível ao fungo *M.*

anisopliae. O fungo é aplicado de forma inoculativa ou inundativa, utilizando-se uma dosagem mínima de 1×10^{12} conídios/ha, o que corresponde a aproximadamente 20 g de conídios puros, pulverizados com 200 a 300 L de água/ha.

Cupins-de-montículo e da cana-de-açúcar

Os cupins do gênero *Cornitermes* alimentam-se das plantas e constroem ninhos nas pastagens, dificultando os tratos culturais mecanizados. Vários trabalhos comprovaram a eficácia dos fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana*. Usa-se a estratégia inundativa e a aplicação é feita com uma polvilhadora, de 3 a 6 g de conídios puros ou de 6 a 12 g da formulação pó seco. O produto deve ser introduzido no ninho por meio de um orifício feito com uma barra de ferro, até o seu centro. O importante é uma boa distribuição do produto dentro do ninho.

Gafanhotos

As principais espécies de gafanhotos existentes no Brasil são: *Schistocerca pallens*, *Stiphra robusta* e *Rhammatocerus schistocercoides*. Ocorrem nas Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste e infestam áreas de cultivo de cana-de-açúcar, pastagem e arroz. O fungo utilizado é o *Metarhizium flavoviride*, isolado no País e produzido em arroz pré-cozido. O produto é aplicado em ultra baixo volume (UBV), usando-se de 2 a 3 L/ha, tendo como alvo ninfas recém-eclodidas. Foi comprovada a eficiência de campo para as concentrações de 5×10^{12} a 2×10^{13} conídios/ha.

Broca-do-cafeeiro

O café ocupa uma área de aproximadamente 2,2 milhões de hectares. A broca-do-café *Hypothenemus hampei* é uma praga importante e encontra-se disseminada em todas as regiões produtoras, atacando frutos. O patógeno *B. bassiana* pode ser pulverizado sobre toda a planta, quando a infestação atinge entre 1% e

2% dos frutos broqueados (NEVES et al., 2006). Normalmente, são usados entre 1×10^{12} e 2×10^{12} conídios em 200 a 400 L/ha. A calda deve atingir os pontos da planta com maior concentração da broca. Este fungo tem sido muito usado em plantios orgânicos de café e já atinge cerca de mil hectares.

Os fungos também podem ser usados em iscas atrativas, no controle do percevejo-de-renda em seringueira e pragas em cultivos protegidos.

PROTOZOÁRIOS

Os protozoários são um grupo diverso e heterogêneo de microrganismos eucariontes unicelulares. Ao contrário dos outros entomopatogênicos, poucos protozoários possuem alta virulência ou ação rápida nos hospedeiros invertebrados (GARCÍA et al., 2008). A maioria das espécies produz infecções crônicas caracterizadas por uma debilidade geral do inseto, matando seus hospedeiros lentamente. As pesquisas indicam que poucos protozoários entomopatogênicos apresentam potencial para o uso em programas de MIP (GARCÍA et al., 2008). Além do controle de alguns insetos-praga, os protozoários podem-se tornar problema, como contaminantes em sistema de criação artificial de insetos.

NEMATOIDES

Os nematoides podem ser encontrados em formulações comerciais nos Estados Unidos e na Europa, para o controle de pragas de solo. Informações detalhadas sobre nematoides entomopatogênicos e seu uso no controle biológico de pragas podem ser encontradas no artigo: controle biológico de pragas com nematoides, desta revista.

VÍRUS

Os baculovírus são o grupo mais comum e mais estudado dentre os grupos de vírus entomopatogênicos. Isto deve-se ao fato de que são os vírus com o maior poten-

cial a ser usado como agentes de controle biológico de pragas, sendo conhecidos mais de 20 grupos de vírus patogênicos a insetos (MARTIGNONI; IWAI, 1986).

Os baculovírus pertencem à família Baculoviridae. Essa família é composta de vírus com uma simples fita dupla circular de DNA, que infecta um grande número de artrópodes e contém os gêneros: nucleopoliedrovírus (VPN) e granulovírus (VG). Todos os baculovírus têm uma mesma estrutura básica: um capsídeo coberto de forma arredondada. O nucleocapsídeo é um “core” cilíndrico de DNA e proteína. Dentro do nucleocapsídeo, a fita dupla de DNA associa-se heterogeneamente com

uma proteína básica e forma um “core” cilíndrico. O gênero VPN é caracterizado por possuir dois subgêneros: “Vírus de Simples Nucleocapsídeo” (SNPV), onde apenas um capsídeo é encontrado por envelope, e aqueles chamados “Vírus de Múltiplos Nucleocapsídeos” (MNPV), nos quais vários nucleocapsídeos são encontrados em um envelope comum (Fig. 1A e 1B). Os VGs possuem apenas um capsídeo por envelope, as oclusões virais são na forma de grânulo, contendo um e raramente dois ou mais vírions por grânulo (Fig. 1C) (HUNTER-FUJITA et al., 1998). Essa divisão da família Baculoviridae segue a classificação atual do Comitê Internacional de Taxonomia de

Vírus (ICTVdB, 2006) e está representada esquematicamente na Figura 2. As Figuras 1D e 1E ilustram tecidos de *Spodoptera frugiperda* infectados experimentalmente por um nucleopoliedrovírus.

A oclusão das partículas virais em matriz proteica é uma característica extremamente importante, pois é o que garante proteção e possibilita a transmissão horizontal do vírus, isto é, de um inseto para outro (BLISSARD; ROHRMANN, 1990). As oclusões virais, portanto, são estruturas de resistência e permitem que os vírus mantenham a infectividade mesmo fora do hospedeiro (HUNTER-FUJITA et al., 1998). Além disso, é o que permite a obtenção de

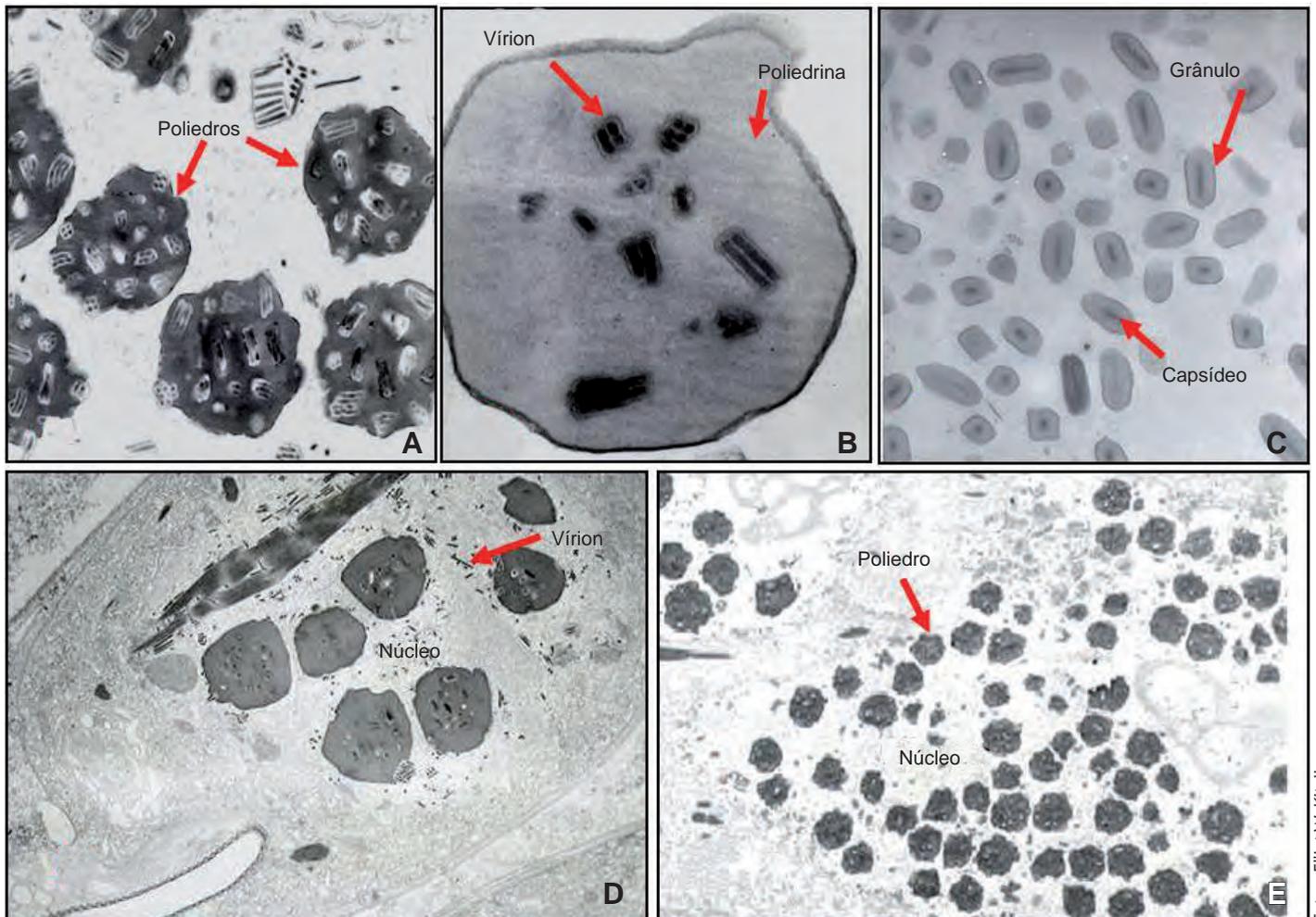


Figura 1 - Micrografia eletrônica de tecido de lagartas-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, infectadas experimentalmente

NOTA: Figura 1A e Figura 1B - Infecção por um isolado de nucleopoliedrovírus (MNPV), podendo-se observar os poliedros, os vírions e a matriz proteica de poliedrina. Nota-se que vários nucleocapsídeos estão envoltos por uma membrana comum. Figura 1C - Granulovírus (VG), onde se observa apenas um capsídeo por envelope proteico. Figura 1D e Figura 1E - Tecidos infectados por nucleopoliedrovírus, podendo-se observar células contendo em seus núcleos vírions e poliedros.

formulações de bioinseticidas, que podem ser armazenados até serem utilizados para o controle de pragas no campo.

Infecção e modo de ação dos baculovírus

Os baculovírus possuem dois tipos de “progênes” infecciosas: uma forma oclusa do vírus, responsável pela transmissão de inseto para inseto, e outra não oclusa, responsável pela transmissão de célula para célula, em um mesmo indivíduo (GRANADOS; FEDERICI, 1986).

A rota principal de infecção dos baculovírus é via ingestão dos poliedros e penetração dos vírus através das células epiteliais do intestino médio dos insetos. Com a ingestão dos poliedros pelos insetos, a matriz proteica é dissolvida no intestino médio pelo fato de o pH ser fortemente alcalino (8-11). Com a dissolução da matriz proteica, há a liberação dos vírions no lúmen digestivo e as partículas infectivas penetram nas células epiteliais do intestino médio dos insetos. Os nucleocapsídeos são transportados ao núcleo, que libera o seu DNA, iniciando o processo de replicação viral. A replicação do vírus produz a forma não oclusa do vírus que passa a infectar os demais tecidos. A forma oclusa somente é produzida nos estádios finais da infecção viral, onde os vírions são “envelopados” e produzidos os poliedros. Nos estádios finais, ocorre a ruptura das células e a liberação dos poliedros. É onde acontece a morte do inseto, seguida da liquefação dos tecidos (FEDERICI, 1997, 1999). Os sintomas típicos da infecção vão desde mudanças comportamentais a morfológicas, que levam à morte do inseto, após alguns dias. Pode ser observada redução na alimentação e diminuição do crescimento, descoloração do tegumento e, ao morrer, rompimento deste, o que vem a liberar os poliedros no ambiente, possibilitando novos ciclos de infecção (FEDERICI, 1997, 1999). Uma visão simplificada do ciclo de infecção é mostrada na Figura 3.

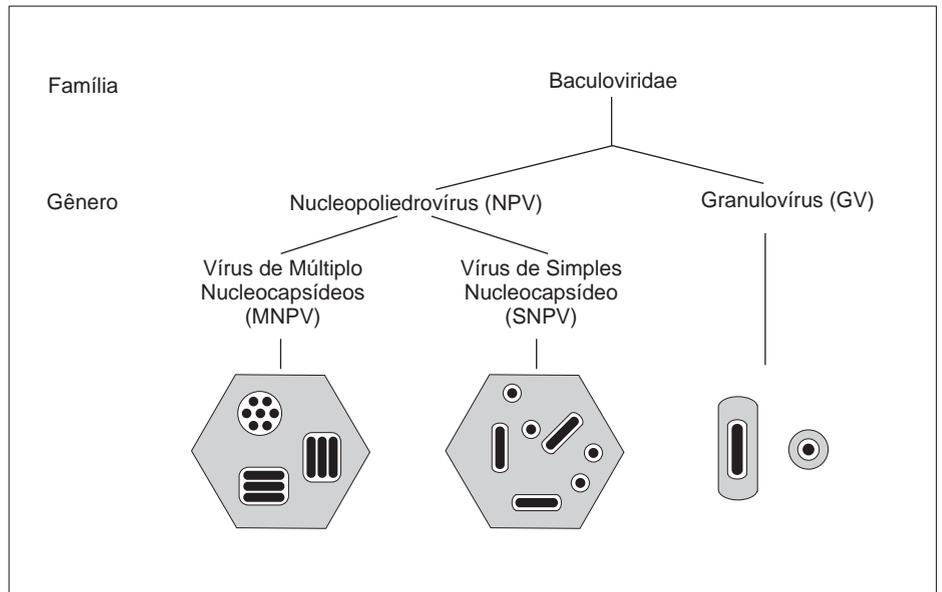


Figura 2 - Representação esquemática da classificação dos baculovírus
 FONTE: Dados básicos: Almeida (2005).

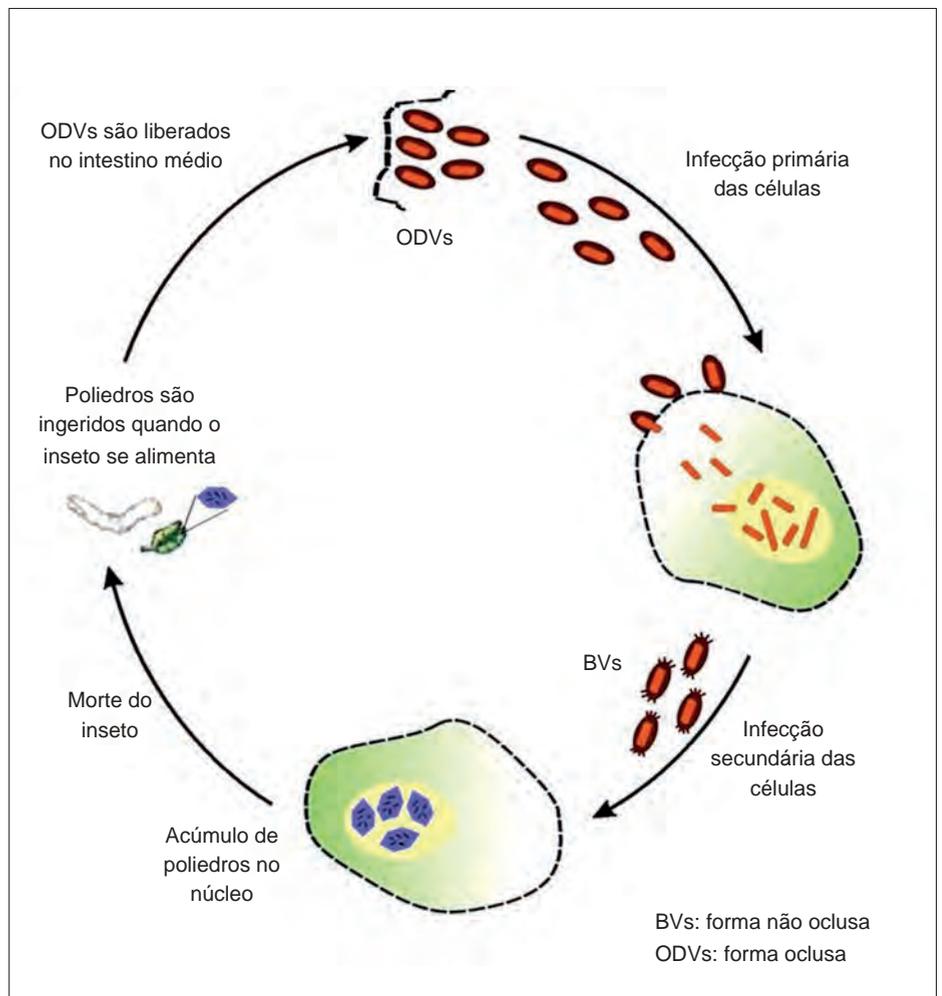


Figura 3 - Infecção de um inseto hospedeiro por baculovírus
 FONTE: Dados básicos: Szewczyk et al. (2006).

NOTA: ODVs - Oclusion-derived virus; BVs - Budded virus

Programas de controle biológico no Brasil, usando vírus entomopatogênicos

Nucleopoliedrovírus da *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV) em soja

Este é o maior programa de controle biológico que usa vírus entomopatogênicos no Brasil. A lagarta-da-soja, *A. gemmatalis*, é a principal praga da cultura da soja no Brasil e ocorre da Argentina até o sudeste dos Estados Unidos. A aplicação do produto chegou a quase 2 milhões de hectares de soja no País, porém, em consequência de alguns problemas técnicos, a produção pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec) foi encerrada. O *Baculovirus anticarsia* ainda é produzido por algumas cooperativas no sul do País. Espera-se que haja uma retomada, em breve, do sistema de produção desse produto.

Granulovírus do mandarová da mandioca

Ressalta-se o programa do controle do mandarová da mandioca, *Erinnyis ello* (EeGV) com um vírus de granulose, que foi isolado no estado de Santa Catarina (SCHMITT, 1984). A produção do vírus era realizada em laboratório, com coleta de lagartas mortas infectadas pelo vírus e, posteriormente, era feita a distribuição aos agricultores. Hoje, não se tem documentação a expansão deste projeto piloto.

Nucleopoliedrovírus da lagarta-do-álamo

Outro programa importante e com grande potencial é o uso do nucleopoliedrovírus da lagarta-do-álamo, *Condylorrhiza vestigialis* (CvMNPV). O álamo é plantado em regiões de várzea, cerca de 5.500 ha, nos estados do Paraná e Santa Catarina. A madeira é usada na indústria de palitos de fósforos, porém, a lagarta-do-álamo causa uma grande desfolha das árvores. Na fase inicial desse programa, consegue-se tratar cerca de 1 ha/dia com baculovírus (365 ha/ano). A meta é tratar cerca de 2 mil hectares por ano.

Nucleopoliedrovírus de *Spodoptera frugiperda* (SfMNPV) em milho

Os trabalhos com o baculovírus para o controle da lagarta-do-cartucho no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), atual Embrapa Milho e Sorgo, iniciaram em 1984. Foi realizado um levantamento dos principais inimigos naturais desta praga em diversas regiões produtoras de milho do estado de Minas Gerais, incluindo o Sul de Minas, Vale do Rio Doce e Alto Paranaíba. Durante o levantamento, entre 1984 e 1989, foram coletadas mais de 14 mil lagartas, onde foram encontrados diversos parasitoides das ordens Diptera e Hymenoptera, e várias lagartas mortas por vírus (VALICENTE, 1989). Esse levantamento estendeu-se até o estado do Paraná, onde foi detectado um alto índice de lagartas parasitadas e mortas por vírus (VALICENTE; BARRETO, 1999). Atualmente, o banco de baculovírus conta com 22 isolados, amostrados em diversas regiões do Brasil. Esses isolados foram estudados, caracterizados e sua eficiência avaliada em relação à lagarta-do-cartucho (BARRETO et al., 2005). Dentre os isolados mais estudados e eficientes no controle de *S. frugiperda*, o isolado 19 já teve seu genoma totalmente sequenciado (WOLFF et al., 2008), o que é importante para que se saiba a estrutura, a sequência e a função de cada gene.

A linha de pesquisa atual está voltada para o desenvolvimento de um sistema de produção que possibilite a obtenção de um bioinseticida à base do baculovírus que infecta a lagarta-do-cartucho, o vírus da poliedrose nuclear de *S. frugiperda* (SfMNPV) ou *Baculovirus spodoptera*. Vários avanços foram obtidos durante a evolução do projeto de pesquisa, mostrando a possibilidade de produção em larga escala do bioinseticida.

Produção de baculovírus em larga escala

A produção em larga escala do *B. spodoptera* é realizada em laboratório,

utilizando-se lagartas sadias, criadas artificialmente, como hospedeiras. As lagartas necessitam ser de tamanho uniforme para propiciar uma infecção eficiente, facilitando o processo de sua coleta depois de mortas. As lagartas devem ser infectadas em um tamanho ideal (sete dias de idade), para que produzam uma maior quantidade de poliedros/lagarta e, conseqüentemente, haja a redução do número de lagartas equivalente para pulverizar 1 ha.

Para a produção do *B. spodoptera* em larga escala, um dos fatores limitantes é a liquefação do tegumento da lagarta imediatamente após a sua morte (Fig. 4). Este fator é crucial pelo fato de que as larvas morrem e se liquefazem, fazendo com que todo o líquido interno extravase. Desse modo, há a necessidade de congelar as lagartas mortas, para depois serem coletadas com pinças e congeladas novamente até o processamento e a formulação. Este fator implica em maior gasto de mão-de-obra, energia e freezers, o que resulta em um produto final com custo mais elevado.

Os baculovírus que matam a lagarta-do-cartucho apresentam dois genes, catepsina e quitinase, que são responsáveis pelo rompimento do tegumento da lagarta imediatamente após a sua morte (HAWTIN et al., 1997). O isolado 6 (Fig. 4), pertencente ao banco de baculovírus da Embrapa Milho e Sorgo, apresenta uma característica única de não causar a liquefação do tegumento imediatamente após a sua morte (VALICENTE et al., 2007, 2008).

A temperatura é um dos fatores mais importantes durante todo o processo de produção, sendo que todos os ambientes dentro de uma biofábrica devem ter a temperatura controlada. Faz-se necessário o uso de ar condicionado e de aquecimento (onde necessário), com a ajuda de circuladores de ar, para que as temperaturas igualem-se dentro das salas de multiplicação. A umidade relativa do ar deve ser mantida dentro das salas, para que não haja ressecamento da epiderme dos insetos.



Figura 4 - Lagartas de *Spodoptera frugiperda* mortas por *Baculovirus spodoptera*

NOTA: A - Lagartas em que houve o rompimento do tegumento; B - Lagartas infectadas com o isolado que não causa o rompimento imediato do tegumento após a morte.

Fotos: Fernando Hercos Valicente

A sala de criação do inseto hospedeiro sadio deve ficar separada fisicamente do local de infecção com o baculovírus e do local das coletas de larvas mortas. A separação é importante, para que não ocorra contaminação indesejada dos insetos sadios.

BACTÉRIAS

O gênero *Bacillus* constitui um grupo homogêneo de bactérias em forma de bastonete, aeróbicas e que produzem esporos. Em *Bacillus* são encontradas várias espécies, dentre as quais alguns sorovares são entomopatogênicos e letais para determinados insetos-praga, principalmente para as ordens Lepidoptera, Diptera e Coleoptera. *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus sphaericus* são ativos contra vários dípteros, sendo que o *B. thuringiensis* sorovar *israelensis* (*Bti*) é tóxico para mosquitos (Culicidae) e borrachudos (Simuliidae). São vários os programas de controle biológico no Brasil que usam *Bacillus* para o controle de dípteros, incluindo os

mosquitos transmissores da dengue e da febre amarela.

Bacillus thuringiensis

O *B. thuringiensis* (*Bt*) é uma bactéria gram-positiva, que pode ser caracterizada pela sua habilidade de formar cristais proteicos durante a fase estacionária e/ou de esporulação. O *Bt* ocorre naturalmente em diversos habitats incluindo solo, filoplano, resíduos de grãos, poeira, água, matéria vegetal e insetos. O cristal proteico também chamado deltaendotoxina possui propriedades inseticidas específicas. Esse cristal proteico é responsável por 20%-30% da proteína total da célula (BOUCIAS; PENDLAND, 1998) e pode ter várias formas tais como: bipiramidal (Fig. 5), esférico, retangular, cuboide (Fig. 6) e irregular.

A degradação dos cristais proteicos por enzimas proteolíticas libera proteínas tóxicas menores, chamadas deltaendotoxinas. A atividade das deltaendotoxinas estão restritas ao trato digestivo dos insetos. Este patógeno é ativo contra várias espécies de insetos e considerado seguro em relação

aos mamíferos. Outra vantagem é a especificidade em relação aos insetos-praga das diferentes culturas. A nomenclatura até 1998 abrangia cinco genes principais: *cryI*, *cryII*, *cryIII*, *cryIV* e *cryV*. Hoje, pelo grande número de genes que são estudados e sequenciados, usam-se números arábicos: *cry1*, *cry2*, *cry3*, *cry4*... até *cry51*. Os genes *cry1*, *cry2* e *cry9* são específicos em relação aos lepidópteros, *cry2*, *cry4A*, *cry10*, *cry11*, *cry17*, *cry19*, *cry24*, *cry25*, *cry27*, *cry29*, *cry30*, *cry32*, *cry39* e *cry40* são ativos contra dípteros e, *cry3*, *cry7* e *cry8* contra coleópteros, *cry5*, *cry12*, *cry13* e *cry14* são ativos contra nematoides. Diante do grande número de coleções de *Bt* no mundo, as sequências gênicas de *Bt* podem ser encontradas na internet².

Estimam-se mais de 60 mil cepas de *Bt* em todo o mundo, e este patógeno vem sendo usado como bioinseticida há décadas (GLARE; O'CALLAGHAN, 2000). Atualmente, mais de 200 genes específicos que produzem deltaendotoxina são conhecidos, embora não sejam muito eficientes no controle da *S. frugiperda*.

²Consultar o site: http://www.biols.susx.ac.uk/home/Neil_Crickmore/Bt/

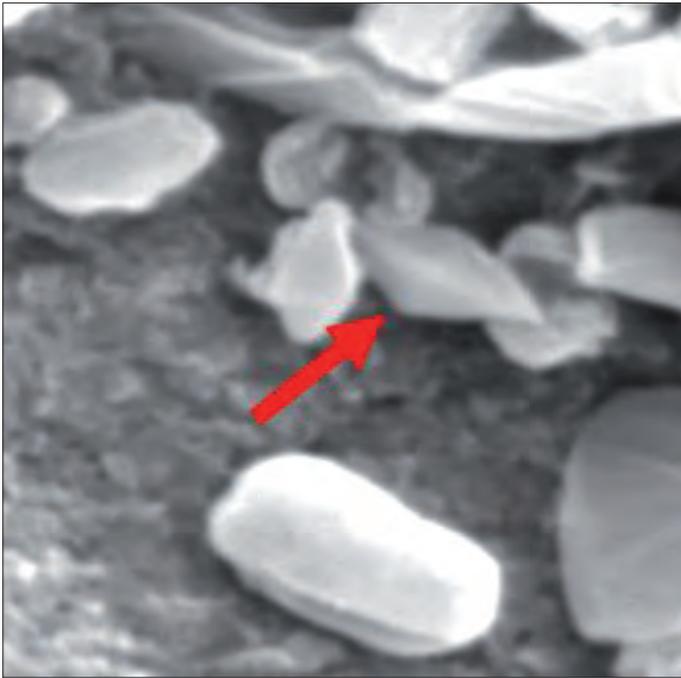


Figura 5 - Seta indica o cristal de forma bipiramidal da cepa 344 de *Bacillus thuringiensis* em microscópio de varredura
FONTE: Valicente e Souza (2004).

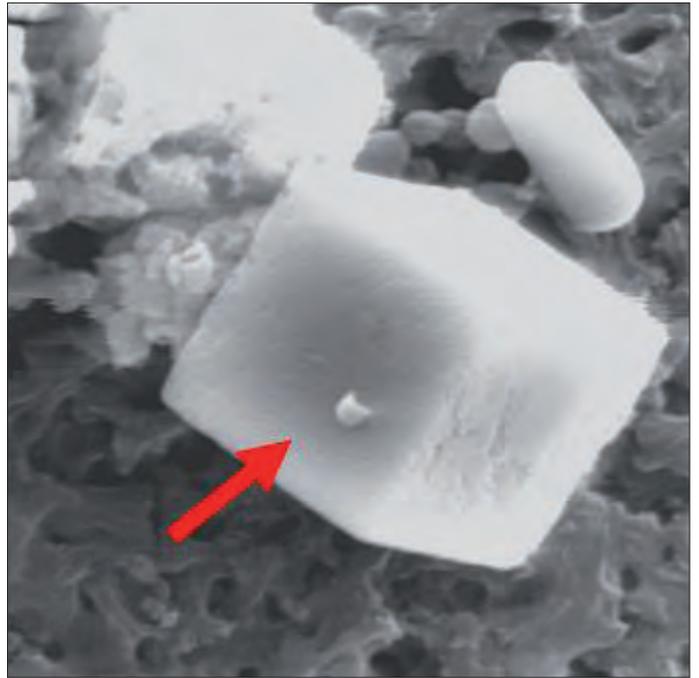


Figura 6 - Seta indica o cristal de forma cuboide da cepa 1644 de *Bacillus thuringiensis* em microscópio de varredura
FONTE: Valicente e Souza (2004).

Os esporos bacterianos dormentes são extremamente resistentes e capazes de sobreviver sob condições desfavoráveis por um longo período. Entretanto, é raramente encontrado na natureza, causando epizootia em populações de insetos.

Produção comercial

A produção industrial de *Bt* é realizada por grandes companhias, que dominam o mercado mundial. Mas há produção em pequena escala que favorece o desenvolvimento de tecnologia e um produto mais específico para o inseto-alvo que se deseja controlar. Deve-se ter cuidado com o controle de qualidade e com a padronização do produto final. Até o início da década de 90, somente três produtos estavam disponíveis no mercado, todos à base de *Bt kurstaki* (Dipel, Thuricide e Bactospeine) (HABIB; ANDRADE, 1991). Hoje, no Brasil, é muito utilizado o Dipel, Thuricide e XenTari, para o controle de várias pragas, dentre elas: *Alabama argillacea*, *A. gemmatilis*, *E. ello*, *Helicoverpa zea*, etc. Atualmente, este patógeno vem sendo estudado pela Embrapa, pelo Laboratório

de Microbiologia e Genética da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) e pelo Laboratório de Patologia e Controle Microbiano de Insetos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP), dentre outros.

CONSIDERAÇÕES NA APLICAÇÃO DE BIOPESTICIDAS OU INSETICIDAS MICROBIANOS

Armazenar os bioinseticidas em locais frescos e secos, sem luz, para uma melhor conservação da qualidade do produto.

Realizar a primeira pulverização assim que forem observados os primeiros sinais de ataque das pragas, que pode ocorrer entre os 5 e 15 dias após a germinação, variando conforme a região. Fazer o monitoramento corretamente, pois a primeira aplicação é fundamental, já que quanto menor estiver a lagarta, maiores serão as chances de controle com os inseticidas microbianos.

Executar as pulverizações após às 16 horas, por causa da menor incidência de raios ultravioletas. Adequar a vazão de acordo com a tecnologia do produtor,

entretanto, é necessário certificar se toda a cultura foi bem pulverizada e usar espalhante adesivo, pois este otimiza a persistência do produto na planta.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.F. *Avaliação preliminar da viabilidade de produção in vitro de um isolado brasileiro de baculovírus Spodoptera frugiperda* MNPV. 2005. 97p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- ALVES, S.B.; LOPES, R.B.; VIEIRA, S.A.; TAMAI, M.A. Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina. In: _____; _____. (Ed). **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba: FEALQ, 2008. p.69-110.
- BARRETO, M.R.; GUIMARAES, C.T.; TEIXEIRA, FF; PAIVA, E.; VALICENTE, F.H. Effect of baculovirus *Spodoptera* isolates in *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and their characterization by RAPD. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, n.1, p.67-75, Jan./Fev. 2005.
- BLISSARD, G.W.; ROHRMANN, G.F. Baculovirus diversity and molecular biologig. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.35, p.127-155, 1990.

BOUCIAS, D.G.; PEDLAND, J.C. **Principles of insect pathology**. Boston: Kluwer Academic, 537p. 1998.

FEDERICI, B.A. Baculovirus pathogenesis. In: MILLER, L.K. (Ed.). **The baculoviruses**. New York: Plenum, 1997. p.33-59.

_____. Naturally occurring baculoviruses for insect pest control. In: HALL, F.R.; MENN, J.J. (Ed.). **Methods in biotechnology: biopesticides, use and delivery**. New York: Humana, 1999. v.5, p.301-320.

GARCÍA, J.J.; MICIELI, M.V.; MARTI, G.A.; PELIZZA, S.A. Uso de protozoários entomopatogênicos em programas de controle microbiano nos países latino-americanos. In: ALVES, S.B.; LOPES, R.B. (Ed.). **Controle microbiano de pragas na América Latina**. Piracicaba: FEALQ, 2008. p. 203-214.

GLARE, T.R.; O'CALLAGHAN, M. **Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety**. Chichester: J. Wiley, 2000. 350p.

GRANADOS, R.R.; FEDERICI, B.A. (Ed.). **The biology of baculoviruses**. Boca Raton: CRC, 1986. v.1, 275p.

HABIB, M.E.M.; ANDRADE, C.F.S. de. Controle microbiano de insetos com o uso de bactérias. **Informe Agropecuário**. Controle biológico, Belo Horizonte, v.15, n.167, p. 26-32, 1991.

HAWTIN, R.E.; ZARKOWSKA, T.; ARNOLD, K.; THOMAS, C.J.; GOODAY, G.W.; KING, L.A.; KUZIO, J.A.; POSSEE, R.D. Liquefaction of *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus-infected insects is dependent on the integrity of virus-encoded chitinase and cathepsin genes. **Virology**, v.238, n.2, p.243-253, Nov. 1997.

HUNTER-FUJITA, F.R.; ENTWISTLE, P.F.; EVANS, H.F.; CROOK, N.E. (Ed.). **Insect vi-**

ruses and pest management. New York: J. Wiley, 1998. 632p.

ICTVdB Management. 00.006. Baculoviridae. In: ICTVdB. **The Universal Virus Database: version 3**. New York: Columbia University, 2006.

MARTIGNONI, M.E.; IWAI, P.J. **A catalogue of viral diseases of insects, mites, and ticks**. 4. ed. Portland, OR: USDA Forest Service - Pacific Northwest Research Station, 1986. 51p. (USDA. General Technical Report PNW-195).

NEVES, P.M.O.J.; SANTORO, P.H.; SILVA, R.Z. da. Utilização de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill no manejo integrado da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). In: VENZON, M.; PAULA JUNIOR, T.J.de.; PALLINI, A. (Coord.). **Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2006. p.137-158.

SCHMITT, A.T. Inimigos naturais do *Erinnyis ello* da madioca. In: ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 3.,1984, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1984. p.201-208.

VALICENTE, F.H. Levantamento dos inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes regiões do estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.18, n.1, p.119-127, 1989.

_____; BARRETO, M.R.B. Levantamento dos inimigos naturais da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na região de Cascavel, PR. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.28, n.2, p.333-337, jun. 1999.

_____; SOUZA, I.R.P. Cultivo e preparo de *Bacillus thuringiensis* para microscopia eletrônica de varredura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, *SPODOPTERA FRUGIPERDA*, 1., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. p.146.

_____; TUELHER, E.de S.; PAIVA, C.E.C.; GUIMARÃES, M.R.F.; MACEDO, C.V.; WOLFF, J.L.C. A new baculovirus isolate that does not cause the liquefaction of the integument in *Spodoptera frugiperda* dead larvae. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.7, n.1, p.85-90, 2008.

_____;_____;PENA, R.C.; ANDREAZZA, R.; FELLET, M.R.; MACEDO, C.V.; GITZ, A.; WOLFF, J.L.C. The use of baculovirus to control fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY FOR INVERTEBRATE PATHOLOGY, 40., 2007, Quebec. **Proceedings...** Londres: Society for Invertebrate Pathology, 2007. v.1, p.61.

SZENCZYK, B.; HOYOS-CARVAJAL, L.; PALUSZEK, M.; SKRZECZ, I.; SOUZA, M.L. de. Baculovirus-re-emerging biopesticides. **Biotechnology Advances**, v.24, n.2, p.143-160, Mar. 2006.

WOLFF, J.L.C.; VALICENTE, F.H.; MARTINS, R.; OLIVEIRA, J.V.de C.; ZANOTTO, P.M.de A. Analysis of the genome of *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus (SfMNPV-19) and of the high genomic heterogeneity in group II nucleopolyhedroviruses. **Journal of General Virology**, v. 89, n.5, p.1202-1211, 2008.

Controle biológico de pragas com nematoides

*Claudia Dolinski*¹

Resumo - O estudo dos nematoides associados a insetos é recente, mas vem-se aprofundando cada vez mais por causa do interesse de pesquisadores em todo o mundo e da crescente busca de novos agentes do controle biológico. Atualmente, existem cerca de 30 famílias de nematoides em diferentes associações com insetos, que podem ser utilizados no controle biológico. Alguns exemplos desses nematoides são membros das famílias Phaenopsitylenchidae (Tylenchida), Mermitidae (Stichosomida), Steinernematidae e Heterorhabditidae (Rhabditida). Os membros destas duas últimas famílias são também conhecidos como nematoides entomopatogênicos (NEPs), pois causam doença e morte a diferentes espécies de insetos com grande rapidez (24 a 72 horas).

Palavras-chave: Entomofílico. Entomopatogênico. Manejo integrado. Phaenopsitylenchidae. Mermitidae. Steinernematidae. Heterorhabditidae. Biogeografia.

INTRODUÇÃO

Nematoides ou vermes arredondados não segmentados, pertencem ao filo Nematoda e estão entre os organismos mais numerosos do planeta, ficando em segundo lugar após o filo Arthropoda. Seu tamanho pode variar de 100 µm a metros de comprimento. Nematoides já foram encontrados em desertos áridos, em fundos de rios e mares, em regiões polares, em florestas e em fontes de águas quentes. Possuem diferentes associações com plantas (fitoparasitas), animais vertebrados e invertebrados, mas podem também ser encontrados no solo como vida-livre (Fig. 1). Estes últimos alimentam-se de bactérias, protozoários, algas e fungos existentes no solo e também de outros nematoides (predadores) (CHITWOOD, 1950).

Nematoides fitoparasitas são, em geral, encontrados no solo e alimentam-se do conteúdo celular das raízes, bulbos, tubérculos e rizomas. Seu efeito na planta é direto, pelas lesões causadas nos tecidos vegetais, e indireto, pela alteração do desenvolvimento das raízes e drenagem

de nutrientes. A presença de galhas nas raízes de várias plantas é um exemplo de deformação causada por estes nematoides. Ao causar danos mecânicos aos órgãos vegetais, abrem portas ao ataque de fungos e bactérias (infecções secundárias). Para perfurar as células das raízes, os fitoparasitas possuem uma estrutura forte e pontiaguda chamada estilete que os diferenciam dos demais nematoides (Fig. 1A).

O estudo dos nematoides associados a insetos iniciou-se na década de 30, e vem-se aprofundando cada vez mais por causa do crescente interesse de pesquisadores em todo o mundo na busca de novos agentes do controle biológico. Reconhecidamente, estes nematoides possuem grande potencial para o controle biológico de pragas residenciais, agrícolas e de vetores de doenças humanas e de vertebrados. Atualmente, existem cerca de 30 famílias de nematoides em diferentes associações com insetos (NICKLE, 1984; KAYA; STOCK, 1997).

O objetivo deste artigo é demonstrar a diversidade no filo Nematoda e mostrar como alguns membros desse filo podem

ser utilizados no controle biológico de insetos.

NEMATOIDES ENTOMOFÍLICOS

A palavra entomofílico deriva do grego: *entos* significa insetos e *philos* gostar, ou seja, nematoides que interagem com insetos. Esta interação ou associação pode ser de diversas formas (KAISER, 1991):

- a) forésia interna: quando o inseto apenas transporta o nematoide em seu interior sem dano ou benefício a nenhum dos dois;
- b) forésia externa: quando o transporte é feito externamente ao corpo do inseto;
- c) vetor: quando o inseto transporta o nematoide, ocorrendo mudanças neste e/ou no inseto;
- d) parasitismo obrigatório: quando o nematoide precisa, necessariamente, de um hospedeiro para se desenvolver e multiplicar, depauperando o hospedeiro, mas nem sempre causando sua morte;

¹Eng^a Agr^a, Ph.D., Prof^a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Laboratório Fitopatologia e Entomologia, CEP 28015-602 Campos dos Goytacazes-RJ. Correio eletrônico: claudia.dolinski@censanet.com.br

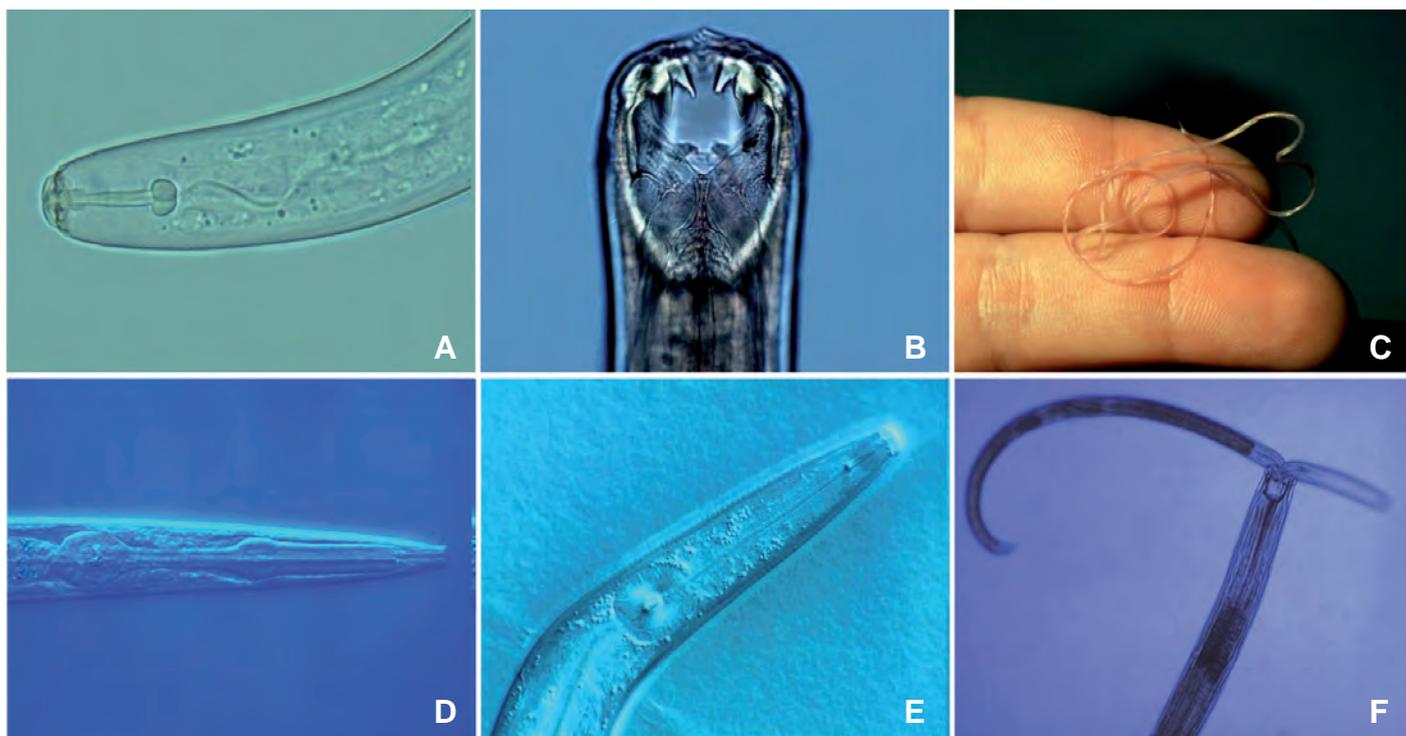


Figura 1 - Nematoides

FONTE: Eisenback e Zunke (1997).

NOTA: Figura 1A - Fitoparasita (*Pratylenchus* sp.). Figura 1B - Parasita de vertebrado (*Ancylostoma caninum*). Figura 1C - Parasita de invertebrado (*Mermis* sp.). Figura 1D - Bacteriófago (*Rhabditis* sp.). Figura 1E - Micófago (*Aphelenchoides hamatus*). Figura 1F - Predador (*Mononchus* sp.).

e) parasitismo facultativo: quando o nematoide pode completar vários ciclos como vida-livre, contudo ao encontrar o hospedeiro torna-se parasita.

Existem duas famílias de nematoides entomofílicos com grande potencial para utilização como agente de controle biológico de pragas e vetores: Phaenopsitylenchidae e Mermitidae.

Phaenopsitylenchidae (Tylenchida: Secernentea)

Nematoides da família Phaenopsitylenchidae possuem parasitismo facultativo, ou seja, alternam gerações como parasitas de insetos com gerações micófagas, alimentando-se em hifas de fungo (Fig. 2). A espécie *Beddingia siridicicola* (Bedding) que controla a vespa-da-madeira (*Sirex noctilio* F.), no sul do Brasil, pode ser apontada como um exemplo de caso de sucesso no controle biológico de pragas com nematoides.

A vespa-da-madeira foi introduzida nos plantios de *Pinus* spp. no sul do País, em 1988. Estima-se que cause um prejuízo de 6 milhões de dólares ao ano, sendo que 350 mil hectares dos 2,2 milhões encontram-se com esta praga, no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em 1989, foi criado o Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (PNCVM) e, concomitantemente, para dar-lhe sustentação, o Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (Funcema). Este foi criado por meio de uma parceria entre órgãos governamentais e a iniciativa privada. Esse Programa visava desenvolver as atividades de prevenção, monitoramento e controle da vespa. Em 1989/1990 e também em 1994, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Embrapa-CNPQ), atual Embrapa Florestas (Colombo, PR) importou o nematoide *B. siridicicola* da Austrália, para que este fosse utilizado no controle biológico da vespa (IEDE et al., 2003).

Ciclo da vespa

Os adultos da vespa-da-madeira emergem de outubro a abril (principalmente novembro e dezembro) e deixam orifícios de emergência. As fêmeas ovipositam no tronco, injetando um muco fitotóxico e esporos do fungo *Amylostereum areolatum* (Fries) Boidin. Este fungo causa o principal dano à plantação de pinus, a chamada “seca dos pinus”, pois as acículas tornam-se amareladas, depois a planta seca por um todo e morre. As larvas eclodem, formam galerias no tronco e alimentam-se do fungo. O muco fitotóxico provoca uma reação de hipersensibilidade no tronco e em cada local de oviposição ocorre vazamento de resina. Isto é importante na identificação das árvores com larvas no seu interior, para a aplicação dos nematoides (IEDE et al., 2003).

Ciclo do nematoide

O nematoide *B. siridicicola* pode permanecer alimentando-se do fungo *A.*

areolatum por várias gerações, sendo que a fase micófaga possui morfologia totalmente diferente da fase parasita (Fig. 2) (BEDDING, 1968). Somente na fase micófaga juvenil, os nematoides conseguem perceber a presença da larva da vespa, para se transformarem em parasitas. Os fatores que induzem a mudança para a fase parasita são alto nível de CO₂ e baixo pH. Após algumas ecdises, tornam-se fêmeas e machos pré-parasitas e copulam. A fêmea já fecundada (infectante) penetra na larva da vespa, utilizando seu estilete para perfurar a cutícula. Em geral, cerca de 5 a 20 fêmeas infectantes penetram em cada larva de vespa. Dentro do inseto, a alimentação do nematoide é transcuticular e seu aparelho digestivo atrofia-se (NICKLE, 1984). Durante a pupação da vespa, os nematoides migram para as gônadas e depositam seus ovos nos ovários das fêmeas da vespa, esterilizando-os. Cerca de 100 a 200 juvenis de nematoides eclodem por ovo de vespa

colocado. Dessa forma, as vespas auxiliam na dispersão dos nematoides (IEDE et al., 2003).

Controle

A aplicação de nematoides é feita entre março e julho, logo após o período de oviposição da vespa. Antes da aplicação dos nematoides, árvores com sintomas são selecionadas, ou seja, árvores com a copa amarelada, com respingos de resina no tronco e com ausência de orifícios de emergência. As árvores que apresentam pelo menos um desses sintomas são marcadas e cerca de 20% delas recebem a aplicação do nematoide. Antes dessa aplicação, as árvores são derrubadas e perfurações de 1 cm de profundidade são feitas com um martelo de ponta, a cada 30 cm.

Como possui fase micófaga, o nematoide cresce em laboratório, alimentando-se de hifas do fungo. Os nematoides são, então, separados do fungo por lavagens e

misturados à gelatina a 10%. Cada tronco de árvore recebe 20 mL de gelatina com nematoides, o que corresponde a cerca de 1 milhão de nematoides (informação verbal)².

A eficiência desse agente de controle biológico pôde ser atestada por avaliações realizadas na temporada de 2000/2001, em nove locais de Santa Catarina. Em um desses locais, o índice de parasitismo foi de 65%, em outros dois, 77% e 80,5%, enquanto nos seis restantes, foi acima de 91% (IEDE et al., 2003).

Mermitidae (Stichosomida: Adenophorea)

Existem cerca de 60 gêneros e 400 espécies na família Mermitidae. A identificação das espécies é feita com base em caracteres morfométricos dos juvenis e adultos. Esses nematoides são considerados como “verdadeiros” parasitas obrigatórios, pois são apenas cultiváveis no próprio hospedeiro. Já foram encontrados em inúmeros artrópodos como insetos (15 ordens), aracnídeos, crustáceos, carrapatos, lesmas, dentre outros. Como características marcantes dessa família têm-se: o comprimento distinto (40 a 400 µm), o fato de serem prolíficos (até 1 milhão de ovos/fêmea), a alimentação ser transcuticular, a formação de trofossoma e esticócitos ao invés de possuírem esôfago e intestino e a degeneração da abertura oral e do ânus (KAISER, 1991).

Em termos didáticos, pode-se dividir esta família em mermitídeos terrestres e aquáticos.

Mermitídeos terrestres

Os mermitídeos terrestres são nematoides que parasitam insetos terrestres principalmente das ordens Orthoptera e Coleoptera. Os insetos são parasitados por meio da ingestão dos ovos, que possuem juvenis formados em seu interior. Esses ovos são colocados sobre as folhas e ingeridos pelos insetos como alimento.

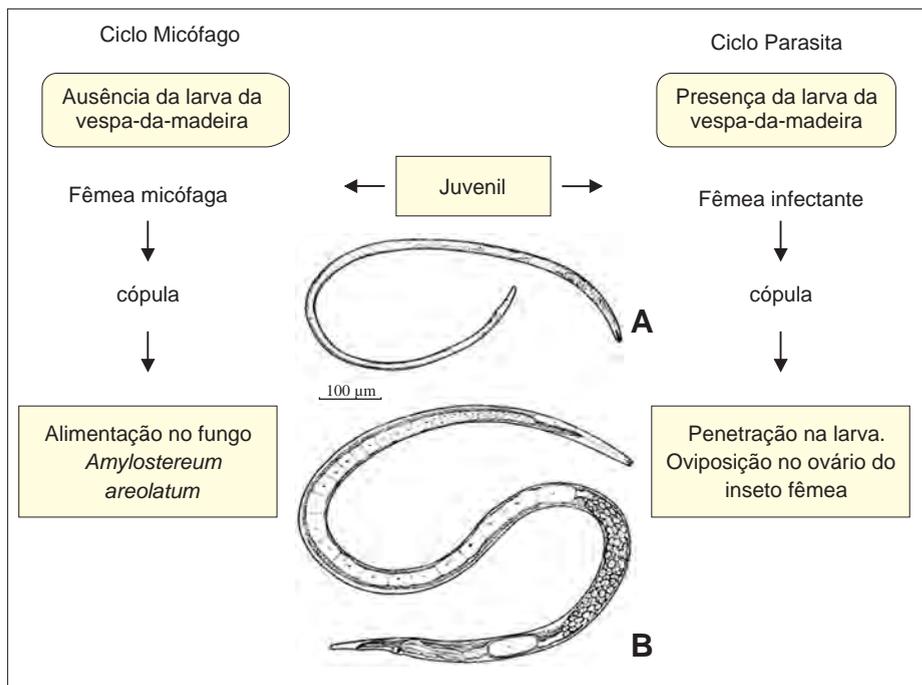


Figura 2 - Ciclos micófago e parasita do nematoide *Beddingia siricidicola*

FONTE: Bedding (1968).

NOTA: A - Fêmea infectante, presença de um forte estilete; B - Fêmea micófaga com estilete fraco.

²Informação concedida, em 2006, por Edson T. Iede, pesquisador da Embrapa Florestas.

Logo após a ingestão, os ovos rompem-se e liberam os juvenis que migram para a hemolinfa do inseto. Na hemolinfa, os nematoides promovem uma competição severa por nutrientes, o que resulta em atrofia do tórax e abdômen, comprometimento de órgãos (músculos, asas, ovários, ovos sem vitelo), alterações nos padrões de desenvolvimento de insetos sociais (formigas) e alterações de comportamento para descarga dos nematoides (insetos mudam trajeto). O hospedeiro, em geral, não morre por ter os nematoides, mas sim quando estes precisam deixá-lo para reproduzirem no meio ambiente. Os juvenis, no quarto estágio, deixam o hospedeiro para se tornarem adultos, copularem e ovipositarem novamente nas folhas. Possuem ciclos de vida longos (1 a 4 anos) e somente a fase juvenil é encontrada no hospedeiro. Para sobreviverem, os adultos migram para locais protegidos e úmidos. Sob condições ótimas ocorre a reativação das fêmeas, sua migração para parte superior das gramíneas e a postura dos ovos, que são relativamente resistentes à dessecação e à incidência de raios ultravioleta. Como exemplos citam-se as espécies *Mermis nigrescens* Dujardin e *Agamermis decaudata* Cobb, Steiner & Christie (KAISER, 1991).

Mermitídeos aquáticos

Os mermitídeos aquáticos são nematoides que parasitam preferencialmente larvas de mosquitos, encontradas em águas limpas e paradas. Por isso, podem ser considerados como agentes potenciais de controle biológico para vetores de doenças humanas, como a dengue, a febre amarela e outras.

Os juvenis pré-adultos (quarto estágio) emergem do hospedeiro, fazem ecdise e transformam-se em adultos. Estes copulam e ovipositam na água. Cada fêmea pode colocar cerca de 1.300 a 4.500 ovos. Destes ovos emergem juvenis, que, no segundo estágio, buscam novos hospedeiros e os penetram ativamente pela cutícula. Nematoides nesse estágio são providos de um pequeno estilete que os auxiliam na pene-

tração. Dentro do mosquito, instalam-se no tórax do inseto e quando atingem o quarto estágio, emergem do hospedeiro, causando sua morte (KAISER, 1991).

O ciclo de vida dos mermitídeos aquáticos não é tão longo como o dos terrestres e dura no máximo seis meses. Os ovos só eclodem quando há estímulo, ou seja, quando existem hospedeiros presentes. Assim, os ovos podem permanecer no fundo da poça ou lagoa por até seis meses e são considerados estruturas de resistência. Os nematoides no segundo estágio podem ficar nadando à procura do hospedeiro por três a quatro dias (MAGGENTI, 1981).

NEMATOIDES ENTOMOPATOGÊNICOS

Nematoides entomopatogênicos (NEPs) pertencem à ordem Rhabditida (Nematoda: Secernentea), em que estão localizadas as famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae. A família Steinernematidae possui dois gêneros: *Steinernema* Travassos e *Neosteinerinema* Nguyen & Smart, enquanto a família Heterorhabditidae possui o gênero *Heterorhabditis* Poinar. Atualmente, existem descritas e validadas cerca de 43 espécies do gênero *Steinernema*, uma do gênero *Neosteinerinema* e nove do gênero *Heterorhabditis*, sendo que mais de 70% delas foram descritas nos últimos 20 anos (ADAMS; NGUYEN, 2002) (Quadro 1).

Os NEPs são assim conhecidos por causarem doença e morte a diferentes espécies de insetos com grande rapidez (24 a 72 horas). Esses nematoides possuem uma particularidade que é a associação simbiote com bactérias entomopatogênicas dos gêneros *Xenorhabdus* e *Photorhabdus* (associação com espécies dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*, respectivamente). Essas bactérias são as principais responsáveis pela morte rápida do hospedeiro por septicemia. Os juvenis infectantes desses nematoides infectam e matam insetos em dezenas de ordens e famílias, e muitas espécies já fazem parte do manejo integrado de pragas (MIP) de várias culturas (WOUTS, 1991). O MIP objetiva utilizar métodos mais adequados,

visando à produtividade, mas levando em conta fatores importantes como a preservação dos inimigos naturais e a prevenção do surgimento de resistência em pragas e doenças.

O espectro de hospedeiros para cada espécie de nematoide é pequeno e bem específico. Não causa, portanto, mortalidade indiscriminada. Um pequeno espectro de hospedeiros significa que se precisa escolher o NEP mais adequado ao controle de uma dada praga.

Biologia da família Steinernematidae

O ciclo de vida destes nematoides inclui três fases de desenvolvimento: ovo, juvenil e adulto (fêmeas e machos). A fase juvenil é composta por quatro estádios (J1, J2, J3 ou juvenil infectante (JI) e J4). O JI é o estágio do nematoide encontrado no solo. Estes juvenis buscam o hospedeiro e os localizam pelos produtos de excreção, níveis de CO₂ e gradientes de temperatura. A infecção é iniciada com a penetração dos nematoides pelas aberturas naturais (boca, ânus ou espiráculos). Dentro do inseto migram para a hemolinfa e liberam suas bactérias simbiotes do gênero *Xenorhabdus*. Estas bactérias produzem toxinas e matam o hospedeiro por septicemia em 24 a 48 horas. Depois começam a se multiplicar e, posteriormente, os JIs alimentam-se delas e dos tecidos por elas decompostos, passando então para o estágio J4. Deste estágio sairão fêmeas e machos (fase adulta) da primeira geração; estas fêmeas colocam ovos que darão origem à segunda geração (FORST; CLARKE, 2002) (Fig. 3).

Os nematoides podem ter duas ou três gerações dentro do hospedeiro, dependendo da disponibilidade de alimento. Quando este se exauri, juvenis no terceiro estágio retêm células da bactéria em seu interior e abandonam o cadáver como JIs. Estes permanecem no solo à procura de um novo inseto hospedeiro, por meses, dependendo da temperatura, da umidade do solo e da espécie de nematoide envolvida (PATEL et al., 1997).

QUADRO 1 - Lista de espécies das famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae

Família Steinernematidae Chitwood & Chitwood, 1937	Família Heterorhabditidae Poinar, 1976
Gênero: <i>Steinernema</i> Travassos, 1927	Gênero: <i>Heterorhabditis</i> Poinar, 1976
Espécie tipo: <i>S. kraussei</i> (Steiner, 1923) Travassos, 1927	Espécie tipo: <i>H. bacteriophora</i> Poinar, 1976
<i>S. abbasi</i> Elawad, Ahmad & Reid, 1997	<i>H. baujardi</i> Phan, Subbotin, Nguyen & Moens, 2003
<i>S. aciari</i> Qui, Yan, Zhou, Nguyen & Pang, 2005	<i>H. brevicaudis</i> Liu, 1994
<i>S. affine</i> (Obvien, 1937) Wouts et al., 1982	<i>H. dowesi</i> Stock et al., 2002
<i>S. anatoliense</i> Hazir, Stock & Keskin, 2003	<i>H. hawaiiensis</i> (Gardner et al., 1994)
<i>S. arenarium</i> (Artyukhovskiy, 1967) Wouts et al., 1982	<i>H. indica</i> Poinar et al., 1992
<i>S. asiaticum</i> Anis, Shahina, Reid, 2004	<i>H. marelatus</i> Liu, 1996
<i>S. apuliae</i> Trigiani, Mráček & Reid, 2004	<i>H. megidis</i> Poinar et al., 1987
<i>S. bicornutum</i> Tallosi, Peters & Ehlers, 1995	<i>H. mexicana</i> Nguyen et al., 2004
<i>S. carpocapsae</i> (Weiser, 1955) Wouts et al., 1982	<i>H. poinari</i> Kakulia & Mikaia 1997
<i>S. caudatum</i> Xu, Wang & Li, 1991	<i>H. taysearae</i> Shamseldean et al., 1996
<i>S. ceratophorum</i> Jian, Reid & Hunt, 1997	<i>H. zealandica</i> Poinar, 1990
<i>S. cubanum</i> Mráček, Hernandez & Boemare, 1994	
<i>S. diaprepesi</i> Nguyen & Duncan, 2002	
<i>S. feltiae</i> (Filipjev, 1934) Wouts et al., 1982	
<i>S. glaseri</i> (Steiner, 1929) Wouts et al., 1982	
<i>S. guangdongense</i> Qui, Fang, Zhou, Pang & Nguyen, 2004	
<i>S. intermedium</i> (Poinar, 1985) Mamiya, 1988	
<i>S. jollieti</i> Spiridonov, Krasomil-Osterfeld & Moens, 2004	
<i>S. kari</i> Waturu, Hunt & Reid, 1997	
<i>S. kushidai</i> Mamiya, 1988	
<i>S. loci</i> Phan, Nguyen & Moens, 2001	
<i>S. longicaudum</i> Shen & Wang, 1992	
<i>S. monticolum</i> Stock, Choo & Kaya, 1997	
<i>S. neocurtillae</i> Nguyen & Smart, 1992	
<i>S. oregonense</i> Liu & Berry, 1996	
<i>S. pakistanense</i> Shahina et al., 2001	
<i>S. puertoricense</i> Román & Figueroa, 1994	
<i>S. rarum</i> (De Doucet, 1986) Mamiya, 1988	
<i>S. riobrave</i> (Cabanillas, Poinar & Raulston, 1994)	
<i>S. ritteri</i> Doucet & Doucet, 1990	
<i>S. robustispiculum</i> Phan et al., 2005	
<i>S. sangi</i> Ohan, Nguyen & Moens, 2001	
<i>S. scapterisci</i> Nguyen & Smart, 1990	
<i>S. scarabei</i> Stock & Koppenhofer, 2003	
<i>S. siamkayai</i> Stock, Somsook & Reid, 1998	
<i>S. tami</i> Van Luc, Nguyen, Reid & Spiridonov, 2000	
<i>S. thanhi</i> Phan, Nguyen & Moens, 2001	
<i>S. thermophilum</i> Gangula & Singh, 2000	
<i>S. websteri</i> Cutler & Stock, 2003	
<i>S. weiseri</i> Mráček, Sturhan & Reid, 2003	
Gênero: <i>Neosteinerema</i>	
<i>N. longicurvicauda</i> Nguyen & Smart, 1994	

FONTE: Dados básicos: Adams et al. (2006).

O ciclo do *Neosteinerema* é similar ao do *Steinernema*, com a diferença de que no primeiro só há uma geração no hospedeiro (NGUYEN; SMART, 1994).

Biologia da família Heterorhabditidae

O ciclo dos Heterorhabditídeos é muito semelhante ao dos Steinernematídeos, com

algumas ressalvas. Os JIs dessa família penetram tanto pelas aberturas naturais, quanto pela cutícula do inseto hospedeiro, utilizando um dente quitinoso localizado frontalmente em sua extremidade anterior.

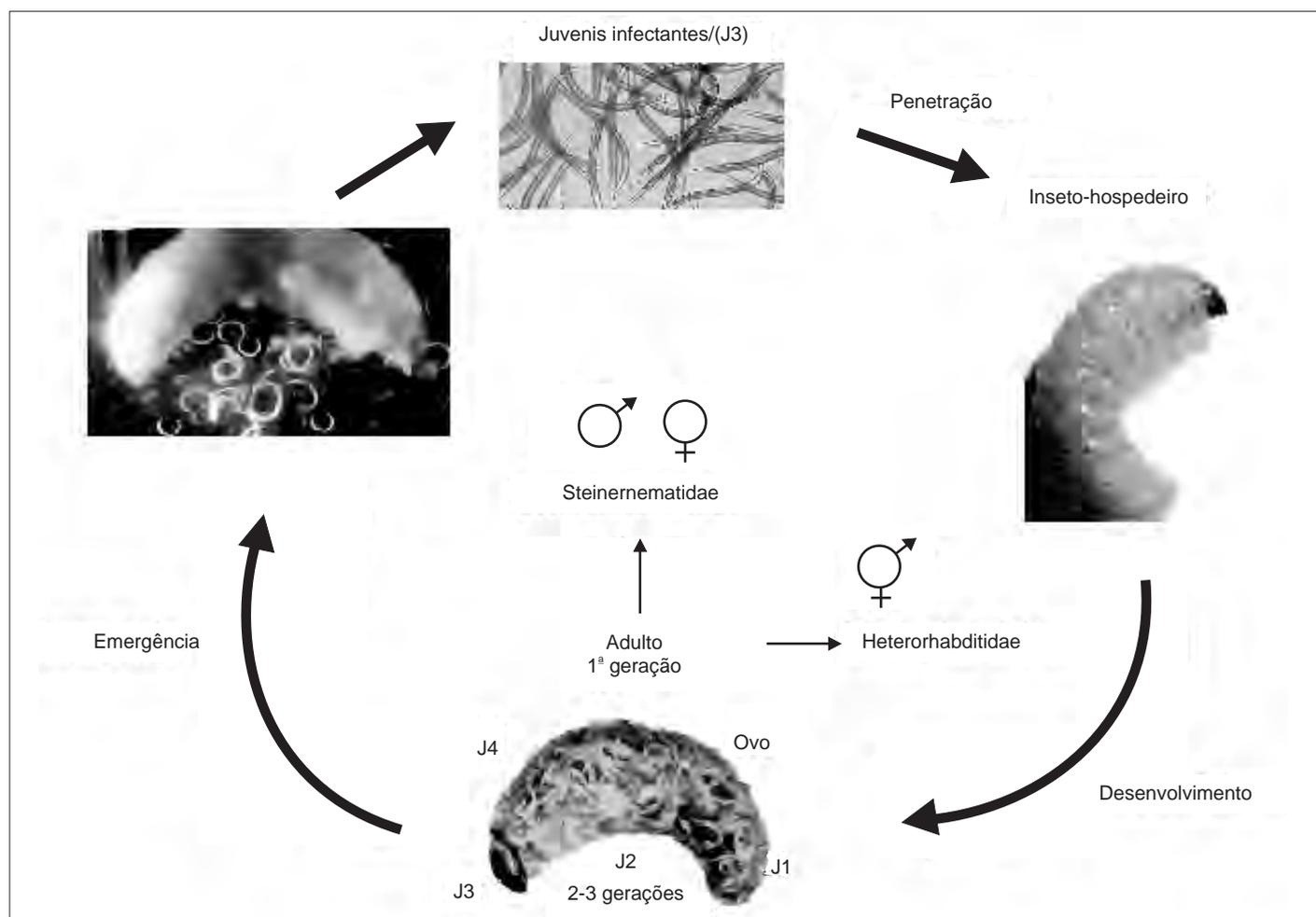


Figura 3 - Ciclo de vida dos nematoides entomopatogênicos dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*

FORTE: Dolinski e Moino Junior (2006).

NOTA: Figura publicada com permissão da Nematologia Brasileira.

Chegam à hemolinfa e liberam bactérias do gênero *Photorhabdus*. Na primeira geração, dentro do inseto, ao invés de aparecerem fêmeas e machos, ocorrem apenas adultos hermafroditas que produzem os demais estádios (ovos, J1, J2, J3 e J4). Na segunda geração, os adultos diferenciam-se em machos e fêmeas (POINAR JUNIOR, 1990) (Fig. 3).

Biogeografia

As espécies dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* são encontradas em uma grande diversidade de áreas geográficas, solos e ambientes, e são adaptadas co-evolutivamente a um grande número de insetos hospedeiros (WOODRING; KAYA, 1988).

Como os nematoides entomopatogênicos têm potencial para ser encontrados em solos de diferentes lugares, recomenda-se que, antes de qualquer introdução, seja feita uma amostragem local ou de maior amplitude, visando obter a maior variabilidade de nematoides possível para uma futura aplicação no campo.

Sintomatologia e sinais de infecção

Insetos infectados por NEPs exibem sintomas específicos, causados principalmente pelas bactérias simbiotes associadas àqueles. Estas bactérias são específicas para cada espécie de nematoide. Produzem toxinas, que causam a morte do inseto, e antibióticos que impedem o crescimento de outros mi-

croorganismos oportunistas. Produzem também pigmentos que dão aos cadáveres hospedeiros cores características. Por exemplo, cadáveres infectados pelo complexo *Heterorhabditis - Photorhabdus* adquirem cores avermelhadas ou alaranjadas e são bioluminescentes; enquanto que cadáveres infectados pelo complexo *Steinernema - Xenorhabdus* adquirem cores que variam de creme a pardo-escuros, sem apresentar bioluminescência (BOEMARE, 2002).

Essas bactérias não sobrevivem no meio ambiente, por isso precisam dos nematoides como proteção e meio de transporte. Por outro lado, tais nematoides beneficiam-se do alimento provido pelas bactérias (FORST; CLARKE, 2002). Nos heterorhabditídeos, as bactérias localizam-

se na parte anterior do intestino (CICHE; ENSIGN, 2003). Nos JIs do gênero *Steinernema*, as células bacterianas estão apreendidas em uma vesícula localizada no intestino (MARTENS; GOODRICH-BLAIR, 2005).

Mobilidade

Quanto à movimentação, nematoides entomopatogênicos podem ser classificados como *ambusher* ou *cruiser*. As espécies *ambusher* promovem uma movimentação própria chamada nictação, que consiste na suspensão do corpo, que fica apoiado apenas na ponta da cauda. A parte anterior do nematoide fica livre, aguardando a passagem de um hospedeiro para então saltar sobre este. Exemplos de nematoides entomopatogênicos que fazem nictação: *S. carpocapsae* e *S. scapterisci* (LEWIS et al., 1993). Os nematoides *cruiser* não aguardam a passagem do hospedeiro, mas buscam-no ativamente no solo, respondendo positivamente aos seus voláteis. Deslocam-se a uma certa distância até localizá-lo (resposta direcional), como é o caso de espécies como *H. bacteriophora* e *S. glaseri* (ISHIBASHI; KONDO, 1990). Existem espécies de NEPs que apresentam características tanto de *ambushers*, como de *cruisers*, de acordo com a proximidade ao hospedeiro, como é o caso de *S. feltiae* (GREWAL et al., 1994).

Legislação e regulamentação

A alta demanda de nematoides entomopatogênicos nos Estados Unidos, na década de 80, levou muitos grupos de pesquisadores, em vários países do mundo, a isolarem novas espécies e linhagens. Estas amostragens e isolamentos expandiram enormemente o germoplasma de nematoides entomopatogênicos disponíveis para pesquisa, e o risco da introdução de nematoides exóticos foi aumentado. Especificamente para o controle de pragas, os nematoides *S. scapterisci* e *S. feltiae* foram

introduzidos, multiplicados e comercializados sem nenhum critério (informação verbal)³. Isto resultou em muitas críticas por parte de alguns pesquisadores, e em 1988, Nickle et al. (1988) propuseram um guia para introdução de nematoides entomopatogênicos. Posteriormente, uma legislação sobre a introdução de espécies exóticas foi estabelecida (RIZVI et al., 1996).

Enquanto essas discussões ocorriam nos Estados Unidos, na Europa um comitê foi criado para analisar o caso dos nematoides entomopatogênicos, prevendo problemas associados com a introdução de nematoides exóticos. Concluíram que as evidências científicas suportavam a premissa de que os nematoides entomopatogênicos são inócuos, e poucos riscos foram identificados. Recomendaram que os nematoides não precisariam de registro, mas que a introdução dos não nativos fosse regulamentada. O comitê também concluiu que nematoides entomopatogênicos são organismos benéficos, os quais vêm sendo usados há anos sem causar problemas, e são mais específicos e causam menos ameaça ao ambiente do que os pesticidas (EHLERS; HOKKANEN, 1996; RICHARDSON, 1996).

Com relação aos vertebrados, inúmeros nematoides foram testados contra diversas espécies, desde peixes até macacos. Somente os girinos mostraram-se suscetíveis, quando nematoides foram adicionados à água onde estavam. Akhurst e Smith (2002) acreditam que as dosagens usadas nos girinos foram absurdamente altas e que outras deveriam ser testadas.

Controle do gorgulho-da-goiaba: um caso de estudo

O gorgulho-da-goiaba (*Conotrachelus psidii* Marshal) (Coleoptera: Curculionidae) está distribuído pelas Américas e causa grandes prejuízos, pois afeta diretamente a qualidade dos frutos, tornando-os impróprios tanto para o consumo *in natura* como para a indústria. No noroeste do

estado do Rio de Janeiro, essa praga é considerada primária nos plantios de goiaba, pois atinge até 80% da lavoura. As fêmeas deste inseto colocam os ovos nos frutos ainda verdes. Nos locais de oviposição, formam-se depressões escuras que se tornam sintomas característicos desta praga. Os ovos eclodem após três a quatro dias e o fruto desenvolve-se, assim como as larvas dentro dele. Quando o fruto amadurece e cai, as larvas maduras abandonam o fruto e ficam no solo por, aproximadamente, 142 dias. A fase pupal dura em média 16 dias e os adultos mantêm-se inativos no solo por mais 34 dias, quando então sobem para a copa das árvores para copular e colocar novos ovos. Atualmente, não há produtos químicos registrados para o controle dessa praga.

Estudos com nematoides entomopatogênicos contra o gorgulho-da-goiaba vêm sendo realizados na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes, RJ, desde 2002, em associação com produtores de goiabas de Cachoeiras de Macacu. Diferentes nematoides foram testados contra larvas no 4º instar, onde os nematoides *H. indica* Hom1 e *H. baujardi* LPP7 causaram 85% e 80%, respectivamente, de mortalidade de larvas em placas de Petri com areia, a uma concentração de 100 JIs por placa. Quando testados em coluna de areia, esses nematoides mostraram-se eficientes em encontrar as larvas dos insetos e causaram mortalidade em 70% das larvas testadas na concentração de 500 JIs por coluna (DOLINSKI et al., 2006). Testes no campo, adicionando seis lagartas de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae), infectadas com *H. baujardi* LPP7, por 0,25 cm², mostraram maior mortalidade das larvas do gorgulho em relação à testemunha. Foi observado também que os nematoides conseguem permanecer no solo por até dois meses e locomover-se a distâncias de 80 cm (DEL VALLE et al., 2008). Verificou-se, ainda, que os nematoides podem ser adicionados na água de irrigação e apesar da pressão

³ Informação concedida, em 2007, por Ramon Georgis da Thermo Trilogy Corp. Columbia, MD, EUA.

e da turbulência que sofrem dentro das mangueiras de irrigação, não são afetados e conseguem buscar e infectar os insetos normalmente (LARA et al., 2008).

Com esses resultados promissores, espera-se que o controle biológico do gorgulho-da-goiaba com NEPs seja incluído como uma estratégia no (MIP) da cultura da goiaba, no estado do Rio de Janeiro e no Brasil. Assim, atende-se o objetivo principal do MIP, que é manter a população de insetos-praga abaixo do nível de dano econômico, sem causar problemas ao homem ou ao ambiente, por meio da associação de métodos como o biológico (nematoides entomopatogênicos) e o cultural (recolhimento dos frutos ainda verdes com marcas de oviposição), em detrimento a métodos tradicionais como o químico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe um grande potencial para a utilização dos nematoides entomopatogênicos e entomofílicos como agentes do controle biológico de pragas e vetores, contudo para que realmente tenha sucesso, a escolha do nematoide deve ser feita com critério e parcimônia.

Nematoides nativos devem ser devidamente identificados, quanto à espécie, e ter sua biologia conhecida antes de ser usados em campo. Outra característica importante a ser estudada é a temperatura ótima para migração e reprodução. Testes de virulência em laboratório devem ser feitos, para que se conheça a espécie ou linhagem que melhor controle uma dada praga ou vetor. Alguns nematoides possuem alta especificidade, outros não. Por isso, o ideal é buscar sempre nematoides com menor espectro de hospedeiros.

A utilização dos nematoides nativos deve ter prioridade sobre os exóticos, que devem ser aplicados em último caso. Os nativos já estão adaptados às condições climáticas como também à entomofauna local. Como não se conhece o impacto real que os nematoides exóticos podem causar aos nativos, recomenda-se que, pelo menos, sejam feitos testes em laboratório contra os inimigos naturais encontrados

na área a ser aplicada. Além disso, os nematoides exóticos devem ser aplicados no local.

Estudos com nematoides como agentes do controle biológico, no Brasil, estão no início. Existe um grande potencial para que estes estudos avancem e tornem os nematoides agentes populares controladores de pragas e vetores.

REFERÊNCIAS

ADAMS, B.J.; FODOR, A.; KOPPENHÖFER, H.S.; STACKEBRANDT, E.; STOCK, S.P.; KLEIN, M.G. Biodiversity and systematics of nematode-bacterium entomopathogens. **Biological Control**, v. 37, n. 1, p. 32-49, Apr. 2006.

_____, NGUYEN, K.B. Taxonomy and systematics. In: GAUGLER, R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**. New York: CABI, 2002. p.1-34.

AKHURST, R.; SMITH, K. Regulation and safety. In: GAUGLER, R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**. New York: CABI, 2002. p. 311-332.

BEDDING, R.A. *Deladenus wilsoni* n. sp. and *D. siricidicola* n. sp. (Neotylenchidae), entomophagous-mycetophagous nematodes parasitic in siricid woodasps. **Nematologica**, v.14, n.4, p. 515-525, 1968.

BOEMARE, N. Biology, taxonomy and systematic of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. In: GAUGLER, R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**. New York: CABI, 2002. p. 35-56.

CHITWOOD, B.G. Introduction. In: _____; CHITWOOD, M.B. (Ed.) **An introduction to nematology**. Baltimore: University Park Press, MD, 1950. p. 1-7.

CICHE, T.A.; ENSIGN, J.C. For the insect pathogen *Photorhabdus luminescens*, which end of a nematode is out? **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n. 4, p. 1890-1897, Apr. 2003.

DEL VALLE, E.E.; DOLINSKI, C.; BARRETO, E.L.S.; SOUZA, R.M.; SAMUELS, R.I. Efficacy of *Heterorhabditis baujardi* LPP7 (Nematoda: Rhabditida) applied in *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) insect cadavers to *Conotrachelus psidii*, (Coleoptera: Curculionidae) larvae. **Biocontrol Science and Technology**, v.18, n.1, p. 33-41, 2008.

DOLINSKI, C.; DEL VALLE, E.E.; STUART, R.J. Virulence of entomopathogenic nematodes to the larvae of guava weevil, *Conotrachelus psidii* (Coleoptera: Curculio-

nidae), in laboratory and greenhouse experiments. **Biological Control**, v.38, n.3, p. 422-427, Sept. 2006.

_____; MOINO JUNIOR, A. Utilização de nematoides entomopatogênicos nativos ou exóticos: o perigo das introduções. **Nematologia Brasileira**, v.30, n.2, p.139-149, ago. 2006.

EHLERS, R.U.; HOKKANEN, H.M.T. Insect biocontrol with non-endemic entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis* spp.): conclusions and recommendations of a combined OECD and COST workshop on scientific and regulatory policy issues. **Biocontrol Science and Technology**, v. 6, n.3, p. 295-302, 1996.

EISENBACK, J.D.; ZUNKE, U. (Ed.). **Nemapix: a journal of nematological images**. Blacksburg, VA, EUA: Mactode, 1997. v.1. 1 CD-ROM.

FORST, S.; CLARKE, D. Bacteria-nematode symbiosis In: GAUGLER R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 57-77.

GREWAL, P.S.; LEWIS, E.E.; GAUGLER, R.; CAMPBELL, J.F. Host finding behavior as a predictor of foraging strategy in entomopathogenic nematodes. **Parasitology**, v.108, n. 2, p. 207-215, Feb.1994.

IEDE E.T.; PENTEADO, S.R.C.; REIS FILHO, W. Uso do entomopatogênico, *Deladenus siricidicola*, em Pinus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2003. p. 47-49.

ISHIBASHI, N.; KONDO, E. Behaviour of infective juveniles. In: GAUGLER, R.; KAYA, H.K. (Ed.). **Entomopathogenic nematodes in biological control**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 139-150.

KAISER, H. Terrestrial and semiterrestrial Mermitidae. In: NICKLE W.R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 899-965.

KAYA H.K.; STOCK S.P. Techniques in insect nematology. In: LACEY, L.A. (Ed.). **Manual of techniques in insect pathology**. San Diego: Academic Press, 1997. p. 281-324.

LARA, J.C.; DOLINSKI, C.; SOUSA, E.F. de; DAHER, R.F. Effect of mini-sprinkler irrigation system on *Heterorhabditis baujardi* LPP7 (Nematoda: Heterorhabditidae) infective juvenile. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 433-437, July/Aug. 2008.

LEWIS, E.E.; GAUGLER, R.; HARRISON, R. Response of cruiser and ambusher entomopathogenic nematodes (Steinernematidae)

to host volatile cues. **Canadian Journal of Zoology**, v.71, n. 4, p. 765-769, Apr.1993.

MAGGENTI A. Invertebrate parasitism and other associations. In: MAGGENTI, A. (Ed.). **General nematology**. New York: Springer-Verlag, 1981. p. 218-243.

MARTENS, E.C.; GOODRICH-BLAIR, H. The *Steinernema carpocapsae* intestinal vesicle contains a subcellular structure with which *Xenorhabdus nematophila* associates during colonization initiation. **Cellular Microbiology**, v. 7, n. 12, p. 1723-1735, Dec. 2005.

NGUYEN, K.B.; SMART, G.C. *Neosteiner-nema longicurvicauda* n. gen., n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a parasite of the termite *Reticulitermes flavipes* (Koller). **Journal of Nematology**, v. 26, n.2, p.162-174, June 1994.

NICKLE, W.R. History, development and importance of insect nematology. In: NICKLE, W.R. (Ed.). **Plant and insect nematodes**. New York: Marcel Dekker, 1984. p. 627-653.

_____; DREA, J.J.; COULSON, J.R. Guidelines for introducing beneficial insect-parasitic nematodes into the United States. **Annals of Applied Nematology**, v. 2, p. 50-56, 1988.

PATEL, M.N.; STOLINSKI, M.; WRIGHT, D.J. Neutral lipids and the assessment of infectivity in entomopathogenic nematodes: observations on four *Steinernema* species. **Parasitology**, v. 114, n.5, p. 489-496, May 1997.

POINAR JUNIOR, G.O. Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae. In: GAUGLER, R.; KAYA, H.K. (Ed.). **Entomopathogenic nematodes in biological control**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 23-58.

RICHARDSON, P.N. British and European legislation regulating rhabditid nematodes. **Biocontrol Science and Technology**, v. 6, n.3, p. 449-464, 1996.

RIZVI, S.A.; HENNESSEY, R.; KNOTT, D. Legislation on the introduction of exotic nematodes in the US. **Biocontrol Science and Technology**, v. 6, n.3, p. 477-480, 1996.

WOODRING, J.L.; KAYA, H.K. **Steinernematid and heterorhabditid nematodes: a handbook of techniques**. Fayetteville, AK: Arkansas Agricultural Experimental Station, 1988. 88 p. (Arkansas Agricultural Experimental Station. Bulletin, 331).

WOUTS, W.M. Steinernema and Heterorhabditis species. In: NICKLE, W.R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 855-897.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUÁRIO

Gestão ambiental na agricultura

- Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza
- Pagamento por serviços ambientais
- Gerenciamento de efluentes na agricultura
- Práticas ecológicas para o manejo fitossanitário
- Indicadores de sustentabilidade
- Avaliação de desempenho ambiental

Leia e Assine o **INFORME AGROPECUÁRIO**
(31) 3489-5002 - publicacao@epamig.br

Controle biológico de bactérias fitopatogênicas

Andréa Bittencourt Moura¹

Bianca Obes Corrêa²

Norimar D'Ávila Denardin³

Resumo - O controle biológico pode-se tornar, em breve, uma estratégia fundamental para o controle de bactérias fitopatogênicas, já que o químico, na maioria das bacterioses, apresenta alto custo e baixa eficiência. O controle biológico de bacterioses importantes para as principais culturas do País apresenta grande potencial de uso prático.

Palavras-chave: Biocontrole. Controle alternativo. Bacteriose. Produtos biológicos.

INTRODUÇÃO

O controle químico de bacterioses, em geral, não é economicamente viável e/ou eficiente. Além disso, o número de produtos registrados para essa finalidade é reduzido. Portanto, a maioria das medidas recomendadas para o controle de bactérias fitopatogênicas é preventiva. Desse modo, o controle biológico mostra-se como uma estratégia particularmente interessante para esse grupo de patógenos.

Outro aspecto que realça a importância da busca por controle eficaz está associado ao fato de a maioria das bacterioses, mencionadas neste artigo, ser transmitida por sementes. A transmissão de bactérias de sementes infectadas para plântulas ocorre mesmo em taxas de infecção menores que 0,1%. Nesses casos, a doença faz-se presente no campo desde o início do cultivo, sendo então a estratégia do tratamento de sementes a mais estudada e também, em geral, a mais eficiente.

O controle biológico de bacterioses pode ser alcançado por diversas formas, incluindo o uso de microrganismos biocontroladores (actinomicetos, bactérias

biocontroladoras, bactérias promotoras de crescimento, fungos, leveduras e vírus), o uso de compostos vegetais, a incorporação de resíduos vegetais ou animais, a aplicação de indutores químicos de resistência vegetal, a solarização e a biofumigação de substratos ou de solos.

Serão apresentados resultados de pesquisas, com ênfase naquelas executadas em campo e/ou no Brasil e listados produtos legalmente comercializados para o controle de bactérias fitopatogênicas, cujos ingredientes ativos são microrganismos biocontroladores.

CONTROLE BIOLÓGICO DE BACTERIOSES EM OLERÍCOLAS

Solanáceas

Murcha-bacteriana

A murcha-bacteriana ou murchadeira é causada pela bactéria *Ralstonia solanacearum* (*Pseudomonas solanacearum*). Essa doença é considerada a mais importante das solanáceas, pois a planta infectada morre ou se torna improdutiva. A área infestada, geralmente, é abandonada após alguns ciclos de cultivo,

uma vez que não existe controle químico eficaz e a maioria das plantas cultivadas é hospedeira da bactéria, inviabilizando a adoção de rotação de culturas (ROMEIRO, 2005).

Por não haver controle químico economicamente recomendável para a murchadeira, pesquisas que buscam o seu controle são intensas em todo o mundo. Entre as possibilidades estudadas, está a seleção de agentes biocontroladores (bactérias, fungos e vírus). O uso de extratos e/ou óleos vegetais, a incorporação de resíduos vegetais, a solarização e a biofumigação também são avaliados, embora tais estudos sejam menos numerosos e tenham tido interesse apenas recentemente.

Entre os agentes de biocontrole, as bactérias e os actinomicetos são os mais citados como eficientes. Esses agentes, em geral, atuam por antibiose, competição e/ou indução de resistência.

Muitos estudos com *R. solanacearum* apontam para o potencial de uso de várias bactérias biocontroladoras, tanto em cultivo protegido quanto em cultivo em campo, quando aplicadas em batata, berinjela, pimentão, pimenta e tomate. (Fig. 1).

¹Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof^a UFPel - Dep^o Fitossanidade, CEP 96010-970 Pelotas-RS. Correio eletrônico: abmoura@ufpel.tche.br

²Bióloga, Doutoranda Fitossanidade, UFPel, CEP 96010-970 Pelotas-RS. Correio eletrônico: bianca.obescorrea@yahoo.com.br

³Bióloga, D.Sc., Prof^a UPF - Faculdade Agronomia e Veterinária, CEP 99001-970 Passo Fundo-RS. Correio eletrônico: norimar@upf.tche.br



Figura 1 - Plantas de tomate

FONTE: Moura (1996).

NOTA: À esquerda, plantas de tomate originadas de sementes sem tratamento; à direita: plantas originadas de sementes tratadas com isolado de *Streptomyces* BF022. As plantas foram conduzidas em solo infestado com *Ralstonia solanacearum*.

Espécies de *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Streptomyces* são mais comumente listadas como biocontroladoras eficientes, embora *Acinetobacter*, *Enterobacter* e *Serratia* também sejam citadas. O controle proporcionado por essas bactérias biocontroladoras varia principalmente em função da forma como é realizada a sua aplicação (forma de tratamento biológico) e do local onde é conduzido o estudo. São relatados resultados com 65% a 90% de redução na incidência da doença e aumento de produção de até 250%.

Embora os resultados sejam animadores, algumas estratégias podem aumentar a eficiência dos biocontroladores. A mais simples delas, porém, não menos eficaz, é o uso dessas bactérias em combinações compatíveis, o que já vem sendo empregado por alguns agricultores. A dificuldade de implementar essa estratégia reside no fato de que são necessários estudos para estabelecer quais misturas de bactérias resultam em controle mais eficiente e/ou maior estabilidade do efeito biocontrolador.

A engenharia genética também tem contribuído para o aumento da eficiência de biocontroladores, porém os resultados

ainda estão restritos a pesquisas em condições controladas.

Uma medida alternativa de controle que vem ganhando importância é a solarização de solos e de substratos. Esta técnica consiste da cobertura do solo ou substrato úmido com um filme plástico transparente, geralmente por período mínimo de 30 dias. O aumento de temperatura provocado pela exposição aos raios solares resulta em uma série de efeitos benéficos, além de reduzir drasticamente a população de patógenos. A solarização pode ser associada com a incorporação de resíduos vegetais ou animais, sendo então chamada de biofumigação, o que, em geral, resulta em aumento da eficiência do processo.

Relatos de eficiência da solarização para o controle de *R. solanacearum* geralmente estão em torno de 60%, embora alguns estudos mostrem até 100% de controle. A associação de resíduos na forma de biofumigação geralmente aumenta o controle da murcha-bacteriana. Outra estratégia que resulta em maior controle é a adição de agentes biocontroladores ao solo antes de iniciar o processo de solarização.

No Brasil, foi realizado um estudo utilizando solo infestado com *R. solanacearum* em bolsas de nylon enteradas à profundidade de 10 ou 20 cm e submetido à solarização por 30 e 60 dias durante o verão. Os resultados indicaram que a murcha-bacteriana em tomate foi reduzida, comparando-se a intensidade da doença em solo não solarizado (43% a 100%) e solarizado após 30 dias (6% a 22%). Após 60 dias, não houve ocorrência da doença em ambas as profundidades do solo tratado (PATRÍCIO et al., 2005). No outono, a biofumigação (solarização + cama de galinha) não foi eficiente para o controle da doença em batata, embora tenha aumentado o teor de alguns nutrientes do solo e reduzido significativamente sementes viáveis de plantas daninhas (BAPTISTA et al., 2006ab). Por outro lado, solarização e biofumigação com cama de galinha (5%) por quatro meses, entre maio e outubro, foram eficientes para o controle de *R. solanacearum* em tomate (BAPTISTA et al., 2007). Resultados contraditórios são frequentes, já que a eficiência da solarização e da biofumigação é extremamente dependente da temperatura durante o período do tratamento. Em geral, quanto menores forem as temperaturas, maiores períodos serão necessários para o sucesso do tratamento.

Em estudo conduzido na Bahia, a incorporação de resíduos de guandu (*Cajanus cajan*) e de crotalária (*Crotalaria juncea*), seguida de incubação por 30 dias, resultou em 100% de controle da murcha-bacteriana em tomateiro. Esse manejo também permitiu o aumento da massa seca e plantas com florescimento em menor tempo. Compostos comerciais utilizados nesse estudo não controlaram o patógeno (CARDOSO et al., 2006).

Pesquisadores também têm avaliado o uso de bactérias e actinomicetos para o controle de *R. solanacearum* no Brasil. Estudos realizados em Minas Gerais e no Rio de Janeiro, em casa de vegetação e no campo, mostraram que a aplicação de actinomicetos às sementes resultou em até

100% de controle da murcha em tomateiros (em plantios comerciais, até 60%), além de promover o crescimento das plantas (MOURA, 1996). Os actinomicetos utilizados nesse estudo têm sido avaliados no controle de outros patógenos de solanáceas e apresentado resultados promissores.

Mancha-bacteriana

A mancha-bacteriana do tomateiro, causada por espécies de *Xanthomonas*, ocorre em todo o País, ocasionando grandes perdas na produção, pois, além das manchas nas folhas, provoca a queda de flores e frutos em formação. Os frutos produzidos, com lesões circulares de aspecto corticoso, têm seu valor reduzido ou são impróprios para ser comercializados.

Geralmente, o controle da mancha-bacteriana é realizado pela pulverização de estreptomicina, oxitetraciclina e fungicidas cúpricos. No entanto, a eficiência desses produtos vem sendo reduzida em virtude do surgimento de populações de *Xanthomonas* spp. resistentes (ROMEIRO, 2005).

As pesquisas com medidas de controle dessa bacteriose têm sido conduzidas em vários países, principalmente nos Estados Unidos e Canadá. O agente de controle biológico mais estudado é a bactéria *Pseudomonas syringae* Cit7 que, em vários ensaios de campo em diferentes localidades, tem mostrado capacidade de reduzir a incidência e a severidade da doença. As taxas de controle são variáveis dependendo da localidade, época de condução do estudo e forma de aplicação, porém, geralmente, situam-se em torno de 30%. A combinação desse agente com isolados de *Pseudomonas* e de *Bacillus* resultou em aumento da eficiência de controle. Combinação de agentes de controle biológico com produtos comerciais indutores de resistência também tem resultado em aumento da eficiência de controle.

Mutantes não patogênicos de *Xanthomonas* causadoras da mancha-bacteriana também têm mostrado potencial de uso em campo, quando aplicadas na parte aérea de forma preventiva (MOSS et

al., 2007). O uso de fagos ou bacteriófagos (vírus que infectam bactérias) também tem sido avaliado com sucesso para o controle dessa bacteriose em casa de vegetação (FLAHERTY et al., 2000).

De modo geral, os tratamentos com agentes biológicos, além de proporcionarem controle dessa doença, resultam em aumento do percentual de germinação, em plântulas mais vigorosas e em aumento de produção.

No Brasil, poucos trabalhos com o controle dessa bacteriose têm sido realizados. Ensaio em casa de vegetação têm mostrado o potencial do uso de biocontroladores, como *Nocardioides thermophilacinus* SON-17 (CARRER FILHO et al., 2008) e *Bacillus* DFs1420 (NAUE, 2009), com médias de controle maiores que as obtidas em estudos similares conduzidos em outros países. Esses biocontroladores, além de *Xanthomonas*, apresentaram potencial para o controle de outros patógenos bacterianos e fúngicos.

O uso de indutores de resistência também foi avaliado por pesquisadores brasileiros. Bion® (acibenzolar-S-metil) e Ecolife® reduziram em 39% e 48%, respectivamente, a severidade da mancha-bacteriana em casa de vegetação, porém seu efeito em campo não foi avaliado (CAVALCANTI et al., 2006).

Pinta-bacteriana

A pinta-bacteriana, também conhecida como mancha-bacteriana-pequena ou pústula-bacteriana, é causada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* e vem crescendo em importância no Brasil. A bacteriose ocorre em toda a parte aérea das plantas, como manchas arredondadas que reduzem a área fotossintetizante e, por conseguinte, a produção. A infecção das flores geralmente tem como consequência a sua queda e os frutos produzidos apresentam lesões, fazendo com que percam seu valor para comercialização.

O controle dessa bacteriose faz-se, geralmente, por pulverizações preventivas com antibióticos e fungicidas cúpricos. No entanto, o surgimento de populações

do patógeno resistentes a esses produtos (ROMEIRO, 2005) faz com que se utilizem dosagens cada vez maiores, o que eleva o custo de produção, além de contaminar o ambiente e deixar resíduos nos frutos produzidos.

Não são muitos os trabalhos com o controle biológico da pinta-bacteriana, no entanto os resultados obtidos são promissores. O uso da bactéria *Pseudomonas syringae* Cit7 (selecionada para o controle da mancha-bacteriana) em ensaios em campo resultou em 28% de controle, sendo mais eficiente do que produtos comerciais (WILSON et al., 2002). A combinação dessa bactéria com rizobactérias promotoras de crescimento resultou em aumento do percentual de controle. Outros trabalhos usando combinações de bactérias, inclusive com bactérias fixadoras de nitrogênio, como *Azospirillum*, também têm mostrado aumento dos percentuais de controle da doença.

No Brasil, resultados de ensaios em casa de vegetação apontam para o potencial de uso de bactérias para o controle biológico da pinta-bacteriana. A aplicação foliar de *Nocardioides thermophilacinus* SON-17 permitiu redução próxima de 30% no número de lesões por folíolo (CARRER FILHO et al., 2008). Por sua vez, o tratamento de sementes com *Streptomyces* sp. pode reduzir em mais de 40% a severidade da doença. Esses dois biocontroladores também foram capazes de controlar *Xanthomonas* causadoras da mancha-bacteriana e *Alternaria solani* (CARRER FILHO et al., 2008), e *R. solanacearum* (MOURA, 1996), respectivamente.

Cancro-bacteriano

O cancro-bacteriano é causado pela bactéria *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*. Esta doença pode causar a murcha total ou unilateral das folhas, queima dos bordos e queda de frutos. Os frutos produzidos apresentam lesões que reduzem seu valor ou inviabilizam sua comercialização.

A produção de mudas saudáveis geralmente não é medida suficiente para garantir o controle da doença, uma vez que o patógeno pode sobreviver em restos culturais e nos tutores utilizados na condução das plantas de tomate (ROMEIRO, 2005).

Vários estudos têm sido realizados visando ao controle dessa bacteriose, incluindo o uso de bactérias biocontroladoras e de mutantes de *C. michiganensis* ssp. *michiganensis* não patogênicos, de extrato de tecidos vegetais e da solarização. Dentre esses estudos, destacam-se o tratamento de sementes com *Pseudomonas fluorescens* na Índia (UMESHA, 2006) e a solarização na Grécia (ANTONIOU et al., 1995). Em ambos os casos, os resultados em campo são consistentes e os agricultores têm utilizado essas estratégias, mesmo que ainda de forma localizada.

Podridão-mole

A podridão-mole, causada por espécies de *Pectobacterium* (*Erwinia*), é doença comum em frutos de solanáceas, tanto em campo quanto em pós-colheita. O patógeno também ocasiona perdas, quando causa os sintomas conhecidos como talo-oco e canela-preta. O controle da doença geralmente é inviável, pois a infecção ocorre de forma extremamente rápida e o controle preventivo é ineficaz.

Poucos trabalhos, que visam ao controle da podridão-mole, estão disponíveis, tendo sido a maioria realizada em condições controladas, com fragmentos de tubérculos de batata. Como esses trabalhos ainda estão em fase inicial, resultados de controle no campo ainda não são possíveis de prever. Por outro lado, resultados com plantas de tomate em casa de vegetação já são disponíveis. No Brasil, estudo recente mostrou que algumas bactérias reduziram danos ocasionados pela infestação de solo com *P. carotovorum* ssp. *carotovorum*. Essas bactérias haviam sido selecionadas para o biocontrole de outras doenças em tomateiro, o que mostra que possuem espectro amplo de ação (BARRA et al., 2009).

Cucurbitáceas

Mancha-aquosa

A mancha-aquosa é causada pela bactéria *Acidovorax avenae* ssp. *citrulli*. Essa é a principal doença do cultivo do melão, embora também ocorra em outras espécies de cucurbitáceas. A infecção ocorre em folhas e frutos. Nos frutos, lesões aquosas desenvolvem-se externamente e internamente, impedindo a comercialização. Como as medidas de controle disponíveis restringem-se às preventivas, a busca por agentes de controle biológico dessa doença tem sido intensificada.

Por tratar-se de uma bacteriose transmitida por sementes, a estratégia de tratá-las com microrganismos biocontroladores ganha importância. Nesse sentido, pesquisadores americanos selecionaram uma bactéria biocontroladora que, quando utilizada para tratar sementes de melancia, foi capaz de reduzir a transmissão de *A. avenae* ssp. *citrulli* para as plântulas em 97% e de atrasar o início da infecção em 12 dias. Esse biocontrolador, quando aplicado nas flores, também foi capaz de reduzir a transmissão da bactéria da planta doente para as sementes produzidas e aumentar o percentual de germinação (FESSEHAIE; WALCOTT, 2005).

No Brasil, estudos em casa de vegetação, realizados em Pernambuco, mostraram que o tratamento de sementes de melão infectadas com o patógeno com *Bacillus megaterium* pv. *cerealis* RAB7 proporcionou redução de 89% na incidência da doença, além de retardar o início da infecção (SANTOS et al., 2006).

Mancha-angular

A mancha-angular é incitada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, que pode afetar toda a parte aérea, inclusive os frutos. O controle da doença consiste basicamente de medidas preventivas.

O controle biológico da mancha-angular pode ser feito com bactérias biocontroladoras, bactérias promotoras de crescimento e bacteriófagos. Em geral, sua

eficiência é aumentada, quando o agente de biocontrole é aplicado em sementes e em folhas ou quando é utilizado em combinação com outros agentes de biocontrole ou com ativadores de resistência.

Entre os biocontroladores de maior eficiência, destaca-se a combinação de rizobactérias promotoras de crescimento utilizadas para o tratamento de sementes de pepino, que foram capazes de reduzir a mancha-angular em ensaios de campo ao longo de vários anos. Além dessa doença, a combinação usada controlou em campo a antracnose (*Colletotrichum orbiculare*) e a murcha-das-cucurbitáceas (*Erwinia tracheiphila*) (RAUPACH; KLOPPER, 2000), esta ainda ausente no Brasil.

Crucíferas

Podridão-negra

A podridão-negra das crucíferas é causada por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Essa bacteriose é responsável por perdas consideráveis na produção, pois ocorre em todas as regiões produtoras, principalmente em condições de umidade e temperaturas altas. Caracteriza-se por lesões de coloração amarela, na forma de "V", que iniciam nas bordas das folhas, evoluem para o centro a partir dos tecidos vasculares e resultam em necrose destas. Em casos mais severos, ocorrem murcha e apodrecimento das plantas.

O controle da doença baseia-se no uso de antibióticos, plantio de cultivares resistentes e rotação de culturas. No entanto, essas medidas, de modo geral, não são eficientes.

Estudos com o controle biológico como medida alternativa têm mostrado o potencial de uso e a viabilidade de agentes de biocontrole comparados aos antibióticos rotineiramente utilizados. A aplicação foliar de isolados de *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus subtilis* no campo reduziu a severidade da doença em torno de 50%, enquanto o controle obtido pelo antibiótico kasugamicina foi de 45% (ASSIS et al., 1995). Embora outras espécies de *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. megaterium* pv. *cerealis*, *B.*

pumilus e *B. cereus*) tenham apresentado atividade antibiótica *in vitro* contra a bactéria *X. campestris* pv. *campestris*, quando avaliadas em condições de campo, somente o isolado de *B. subtilis* proporcionou controle da bacteriose (LUNA et al., 2002).

Leveduras também têm sido avaliadas com sucesso para o controle da podridão-negra. Esses agentes de biocontrole reduziram a severidade da doença de 24% a 78%. As leveduras LR19, LR42 e LR35 proporcionaram, respectivamente, 79%, 76% e 72% de controle da doença em casa de vegetação (ASSIS et al., 1999).

CONTROLE BIOLÓGICO EM GRANDES CULTURAS

Feijão

Crestamento-bacteriano-comum

O crestamento-bacteriano-comum é causado pela bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, que provoca manchas nas folhas e grande redução da produção. A doença ocorre principalmente nos Estados do Centro-Sul do Brasil, sendo mais expressiva no plantio das águas.

O controle químico geralmente se dá pela aplicação de antibióticos, como estreptomicina e oxitetraciclina, juntamente com fungicidas de ação protetora. No entanto, esta estratégia costuma ter baixa eficiência, assim como o uso de cultivares resistentes.

Por isso, têm-se estudado alternativas como o controle biológico, com o uso de diversas espécies de microrganismos (fungos, bactérias e leveduras). Entre os agentes de biocontrole, as bactérias destacam-se principalmente no controle de doenças foliares, como é o caso do crestamento-bacteriano.

As principais espécies envolvidas no controle biológico de *X. axonopodis* pv. *phaseoli* são as bactérias *Arthrobacter globiformis*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas fluorescens* e *Rodochococcus fascians*. Além da atividade direta sobre este patógeno

(competição e antibiose), essas espécies podem ativar resistência, quando pulverizadas na parte aérea ou aplicadas nas sementes. Também é frequente ocorrer a promoção de crescimento e o controle de outros patógenos do feijão.

No Brasil, têm sido realizados trabalhos que envolvem o controle biológico do crestamento-bacteriano. Experimentos desenvolvidos em casa de vegetação demonstraram que o uso de biocontroladores isoladamente foi menos eficiente do que quando utilizadas combinações de biocontroladores. Corrêa (2007) verificou que a mistura dos biocontroladores *B. subtilis* (DFs769), *B. cereus* (DFs093) e *P. fluorescens* (DFs831), usados no tratamento das sementes de feijão, reduziu a severidade e a incidência da doença, quando as plantas foram inoculadas com populações de *X. axonopodis* pv. *phaseoli*, obtidas de diferentes regiões produtoras de feijão (Fig.2). Essa mesma combinação também reduziu a doença, quando as sementes de diferentes cultivares de feijão foram tratadas. Segundo Corrêa (2007),

esses resultados mostram três aspectos interessantes:

- aumento da eficiência de controle com o uso de combinações de agentes de biocontrole;
- possibilidade do plantio de cultivares suscetíveis, desde que as sementes sejam tratadas com combinações de biocontroladores;
- possibilidade de utilizar os biocontroladores testados em diferentes regiões do Brasil.

A aplicação de bactérias na parte aérea do feijoeiro também foi realizada com sucesso. Vieira Júnior (2005) observou que, em casa de vegetação, houve efeito constante dos isolados biocontroladores *B. cereus* (UFV-108) e *Pseudomonas putida* (UFV-172), reduzindo a severidade da doença em até 85%.

O uso de indutores de resistência também foi estudado em ensaios de campo. Acibenzolar-S-metil (ASM) reduziu a severidade da doença em 79%, enquanto



Figura 2 - Plantas de feijão

FONTE: Corrêa, (2007).

NOTA: À esquerda, planta de feijão originada de semente tratada com mistura dos isolados de *Bacillus cereus* DFs093, DFs769 e de *Pseudomonas fluorescens* DFs831; à direita: planta originada de semente sem tratamento. Ambas as plantas foram inoculadas com *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*.

a redução proporcionada pelo indutor biótico *Bacillus* sp. foi de 39%. Entretanto, a produção das plantas tratadas com ASM foi menor do que a das plantas não tratadas. Por outro lado, a produção das plantas tratadas com *Bacillus* sp. aumentou, apesar da taxa menor de controle da doença (KHUN, 2007). *Bacillus* sp. também foi usado com sucesso como indutor de resistência em tratamento de sementes (SBALCHEIRO et al., 2009).

Murcha-de-Curtobacterium

Essa doença, causada pela bactéria *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*, provoca escurecimento parcial das folhas e murcha da planta. Em plantas mais velhas, os sintomas são menos drásticos, pois a murcha ocorre somente em alguns ramos das plantas. Nas sementes infectadas internamente, o crescimento bacteriano nos tecidos provoca alterações na coloração, variando de amarelo, laranja até púrpura. Atualmente, essa bacteriose ocorre nos estados de Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais, Distrito Federal e Goiás, causando sérios danos à cultura.

Os métodos convencionais de controle da murcha-de-Curtobacterium, como o controle químico e o plantio de cultivares resistentes, geralmente não são eficientes. Como essa doença é de ocorrência relativamente recente no Brasil, as informações sobre métodos de controle ainda são escassas.

Existem alguns estudos sobre o controle alternativo dessa bacteriose, que envolve o controle biológico, a aplicação de indutores de resistência e a incorporação de lodo de esgoto ao solo. Entre as alternativas promissoras, destaca-se o uso da bactéria *Pantoea agglomerans*. Em casa de vegetação, o controle da murcha com o tratamento de sementes e de solo com esse agente foi de 72% e 63%, respectivamente, em ensaios realizados no Canadá (HSIEH et al., 2005).

Algodão

Mancha-angular

A mancha-angular é causada pela bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv.

malvacearum. Esta bactéria é veiculada por sementes produzidas por plantas com sintomas e também pelas infectadas, mas que são assintomáticas. Os sintomas característicos da doença são manchas nas folhas de formato anguloso, embora também ocorram lesões nos caules, ramos e maçãs. Essa doença ocorre de forma generalizada em todas as regiões produtoras de algodão.

O tratamento da semente por meio do deslincamento com ácido sulfúrico é uma das medidas de controle recomendadas, visto que reduz consideravelmente a população da bactéria. Entretanto, não elimina o patógeno totalmente, quando este se encontra no interior da semente. O controle químico e as medidas culturais apenas atrasam o início da doença.

Trabalhos realizados pelo mundo mostram o potencial de alguns microrganismos em controlar a mancha-angular, destacando-se os que utilizam bactérias no tratamento de sementes, principalmente espécies dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas*. Há relatos de redução de mais de 60% da doença com a combinação tratamento de sementes e pulverizações foliares. Sabe-se também que a utilização desses agentes promove a germinação, o crescimento das plantas e a produção.

Segundo Ishida et al. (2008ab), algumas bactérias têm sido selecionadas no Brasil para o controle dessa doença, tais como *Bacillus cereus* L2-1, *B. cereus* MT5-6, *B. cereus* MT5-5, *Achromobacter xylosoxidans* L2-2 e *Brevibacterium* sp. MT5-11. O tratamento de sementes resultou em controle da mancha-angular em taxas acima de 40%, em condições de casa de vegetação (ISHIDA et al., 2008b). As avaliações de *B. cereus* L2-1 e de ASM, isoladamente e em combinação, mostraram que ASM foi o melhor tratamento em condições de casa de vegetação (ISHIDA et al., 2008a).

O uso de extratos vegetais para o controle da mancha-angular também tem sido pesquisado. Extratos de espinho-preto (*Acacia nilotica*), cascalote (*Caesalpinia*

coriaria), guanxuma-branca (*Sida cordifolia*), guduchi (*Tinospora cordifolia*), ginseng-indiano (*Withania somnifer*) e jujuba-da-china (*Ziziphus mauritiana*) mostraram capacidade de inibir *X. axonopodis* pv. *malvacearum* (MOHANA; RAVEESHA, 2006; MAHESH; SATISH, 2008). Extratos fenólicos de crescimento de bactérias biocontroladoras também têm potencial de reduzir o crescimento do patógeno e o progresso da doença.

PRODUTOS COMERCIAIS PARA CONTROLE DE BACTERIOSES

Bettiol et al. (2009) listaram recentemente vários produtos à base de microrganismos biocontroladores legalmente comercializados em diversos países, para o controle de doenças de plantas. Entre esses produtos estão alguns de uso específico para bacterioses e outros que, além de bacterioses, também controlam doenças causadas por fungos (Quadro 1).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável que existe uma necessidade urgente de estabelecer medidas de controle para bacterioses, que sejam eficientes, de baixo custo e pequeno impacto ambiental, uma vez que as medidas disponíveis, atualmente, não atendem a essas características.

As pesquisas realizadas no Brasil têm gerado grande número de resultados promissores em relação a agentes biológicos de controle de bacterioses, embora poucos resultados estejam disponíveis para os agricultores. Com a flexibilidade da nova legislação para registro de produtos biológicos, espera-se que o interesse da iniciativa privada e das instituições de ensino e pesquisa seja estimulado e que as pesquisas redundem na formulação de produtos à base de agentes de controle biológico que possam ser registrados e comercializados. Portanto, acredita-se que produtos biológicos eficientes e amparados legalmente estejam disponíveis em breve no mercado brasileiro.

QUADRO 1 - Produtos registrados em diferentes países para o controle de bacterioses

Doença/Patógeno	Nome do produto	Culturas	Registro
Cancro (<i>Clavibacter michiganensis</i> ssp. <i>michiganensis</i>)	Bacillus spp [®]	Batata, tomate	Chile
	FZB24 [®]	Tomate	Alemanha
Crestamento-bacteriano (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>glycinea</i>)	Ballad [®]	Oleaginosas	EUA
Galha em coroa (<i>Rhizobium radiobacter</i> = <i>Agrobacterium tumefaciens</i>)	Agrogall 30 [®]	Frutíferas, ornamentais, nogueira	Chile
	Dygal [®]	Ornamentais, rosáceas, videira	Canadá, Nova Zelândia
	Galltrol-A	Frutíferas, ornamentais, nogueira	EUA
	Nogall [®]	Frutíferas, ornamentais, nogueira	Alemanha
Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas</i> spp.)	Botrycid [®]	Tomate	Colômbia
	Bacillus spp [®]	Batata, tomate	Chile
	Serenade [®]	Pimentão, tomate	EUA
Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas</i>)	Ballad [®]	Cereais	EUA
Manchas-foliares <i>Erwinia</i> <i>Xanthomonas</i>	Cease [®]	Diversas	EUA, México
Manchas-foliares <i>Pseudomonas syringae</i> <i>Xanthomonas campestris</i>	Companion [®]	Diversas	EUA
Murcha <i>Ralstonia solanacearum</i>	Botrycid [®]	Solanáceas	Colômbia
Podridão-mole (<i>Pectobacterium carotovorum</i> ssp. <i>Carotovorum</i> = <i>Erwinia carotovora</i> ssp. <i>carotovora</i>)	Companion [®]	Diversas	EUA
	FZB24 [®]	Diversas	Alemanha
⁽¹⁾ Queima-bacteriana-das-rosáceas (<i>Erwinia amylovora</i>)	BlightBan A506 [®]	Maçã, pera	EUA
	Bloomtime Biological [®]	Maçã, pera	Canadá, EUA
	Blossom Bless [™]	Maçã, pera	Austrália, EUA
	Blossom Protect [™]	Pomáceas, ornamentais	Alemanha

(1) Doença ausente no Brasil.

REFERÊNCIAS

ANTONIOU, P.P.; TJANOS, E.C.; ANDREOU, M.T.; PANAGOPOULOS, C.G. Effectiveness, models of action and comercial application of soil solarization for control of *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* of tomatoes. *Acta Horticulturae*, v.382, p.119-128, 1995.

ASSIS, S.M.P.; MARIANO, R.L.R.; MICHEREFF, S.J.; SILVA, G.; MARANHÃO, E.A.A. Antagonism of yeasts to *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* on cabbage phylloplane in field. *Journal of the Brazilian Society of Microbioly*, São Paulo, v.30, n.3, p.191-195, Sept. 1999.

_____;_____; REIS, A.; SILVEIRA, E.B.da; MICHEREFF, S.J. Ação de rizobacté-

rias no crescimento de rabanete e no controle biológico da podridão negra e da antracnose. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v. 38, n.3, p.843-850, set. 1995.

BAPTISTA, M.J.; LOPES, C.A.; SOUZA, R.B. de; FURUMOTO, O. Efeito da solarização e biofumigação, durante o outono, na incidência de murcha-bacteriana e produ-

- tividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 24, n.1, p. 99-102, jan./mar. 2006a.
- BAPTISTA, M.J.; REIS JUNIOR, F.B. dos; XAVIER, G.R.; ALCÂNTARA, C.de; OLIVEIRA, A.R.de; SOUZA, R.B.; LOPES, C.A. Eficiência da solarização e biofumigação no solo no controle da murcha-bacteriana do tomateiro no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.933-938, jul. 2007.
- _____; SOUZA, R.B.de; PEREIRA, W.; LOPES, C.A.; CARRIJO, O.A. Efeito da solarização e biofumigação na incidência da murcha bacteriana em tomateiro no campo. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.24, n.2, p.161-165, abr./jun. 2006b.
- BARRA, V.R.; ROMEIRO, R. da S.; GARCIA, F.A. de O.; MOURA, A.B.; SILVA, H.S.A.; MENDONÇA, H.L.; HALFELD-VIEIRA, B.de A. Antagonismo direto e biocontrole da podridão-mole-do-tomateiro pelo uso de procariontes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.327-330, mar. 2009.
- BETTIOL, W.; MORANDI, M.B.; PINTO, Z.V.; PAULA JÚNIOR, T.J.de; CORREA, E.B.; MOURA, A.B.; LUCON, C.M.M.; COSTA, J.C.; BEZERRA, J.L. Bioprotetores comerciais para doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.17, p.111-147, 2009.
- CARDOSO, S.C.; SOARES, A.C.F.; BRITO, A. de S.; LARANJEIRA, F.F.; LEDO, C.A.S.; SANTOS, A.P. dos. Control of tomato bacterial wilt through the incorporation of aerial part of pigeon pea and crotalaria to soil. **Summa Phytopatologica**, Botucatu, v.32, n.1, p.27-33, Jan./Mar. 2006.
- CARRER FILHO, R.; ROMEIRO, R.S.; GARCIA, F.A.O. Biocontrole de doenças de parte aérea do tomateiro por *Nocardioides thermophilicinus*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n.6, p. 457-460, Nov./Dec. 2008.
- CAVALCANTI, F.R.; RESENDE, M.L.V.; ZACARONI, A.B.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; COSTA, J.de C.B.; SOUZA, R.M. de. Acibenzolaz-s-metil e Ecolife na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v 31, n.4, p.372-380, jul./ago. 2006.
- CORRÊA, B.O. **Microbiolização com bactérias no controle do cretamento bacteriano comum e da antracnose na cultura do feijão**. Pelotas, 2007. 80f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.
- FESSEHAIE, A.; WALCOTT, R.R. Biological control to protect watermelon blossoms and seed from infection by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. **Phytopatology**, v.95, n.4, p.413-419, Apr. 2005.
- FLAHERTY, J.E.; SOMODI, G.C.; JONES, J.B.; HARBAUGH, B.K.; JACKSON, L.E. Control of bacterial spot on tomato in the greenhouse and field with h-mutant bacteriophages. **HortScience**, v.35, n.5, p. 882-884, 2000.
- HSIEH, T.F.; HUANG, H.C.; ERICKSON, R.S. Biological control of bacterial wilt of bean using a bacterial endophyte *Pantoea agglomerans*. **Journal of Phytopathology**, v.153, n.10, p.608-614, Oct. 2005.
- ISHIDA, A.K.N.; SOUZA, R.M.; RESENDE, M.L.V.; CAVALCANTI, F.R.; OLIVEIRA, D.L.; POZZA, E.A. Rhizobacterium and acibenzolaz-s-methyl (ASM) in resistance induction against bacterial blight and expression of defense responses in cotton. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.33, n.1, p.27-34, Jan./Feb. 2008a.
- _____; _____.; _____.; ZACARONI, A.B.; VILAS BÔAS, C.H.; SOUZA, J.T. de. Rizobactérias no controle da mancha angular do algodoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.149-156, jan./fev. 2008b.
- KHUN, O.J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por acibenzolaz-s-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção**. 2007. 138f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- LUNA, C.L.; MARIANO, R.L.R.; SOUTO-MAIOR, A.M. Production of a biocontrol agent for crucifers black rot disease. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v.19, n.2, p.133-140, Apr./June 2002.
- MAHESH, B.; SATISH, S. Antimicrobial activity of some important medicinal plant against plant and human pathogens. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.4, p.839-843, 2008.
- MOHANA, D.C.; RAVEESHA, K.A. Antibacterial activity of *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd. against plant pathogenic *Xanthomonas* pathogens: an ecofriendly approach. **Journal of Agricultural Technology**, v.2, n.2, p.317-327, 2006.
- MOSS, W.P.; BYRNE, J.M.; CAMPBELL, H.L.; JI, P.; BONAS, U.; JONES, J.B.; WILSON, M. Biological control of bacterial spot of tomato using *hrp* mutants *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Biological Control**, v.41, n.2, p.199-206, May 2007.
- MOURA, A.B. **Actinomicetos como agentes potenciais de controle biológico de murcha bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*) e como promotores de crescimento de tomateiro**. 1996. 64f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- NAUE, C.R. **Rizobactérias: controle de patógenos, promoção de crescimento e reflexos na qualidade do fruto do tomateiro**. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- PATRÍCIO, F.R.A.; ALMEIDA, I.M.G.; SANTOS, A.S.; CABRAL, O.; TESSARIOLI NETO, J.; SINIAGLIA, C.; BERIAM, L.O.S.; RODRIGUES NETO, J. Avaliação da solarização do solo para controle de *Ralstonia solanacearum*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.475-481, set./out. 2005.
- RAUPACH, G.S.; KLOPPER, J.W. Biocontrol of cucumber diseases in the field by plant growth-promoting rhizobacteria with and without methyl bromide fumigation. **Plant Disease**, v. 84, n. 10, p. 1073-1075, Oct. 2000.
- ROMEIRO, R. da S. **Bactérias fitopatogênicas**. 2.ed. atual. e amp. Viçosa, MG: UFV, 2005. 417p.
- SANTOS, E.R.; GOUVEA, E.R.; MARIANO, R.L.R.; SOUTO-MAIOR, A.M. Controle biológico da mancha-aquosa do melão por compostos bioativos produzidos por *Bacillus* spp. **Summa Phytopatologica**, Botucatu, v.32, n.4, p.376-378, out./dez. 2006.
- SBALCHEIRO, C.C.; DENARDIN, N.D.; BRAMMER, S.P. Alterações de isoenzimas peroxidases em plantas de feijoeiro tratadas com biocontrolador do cretamento bacteriano comum. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.34, n.1, p.29-37, jan./fev. 2009.
- UMESHA, S. Occurrence of bacterial canker in tomato fields of karnataka and effect of biological seed treatment incidence. **Crop Protection**, v.25, n.4, p.375-381, Apr.2006.
- VIEIRA JÚNIOR, J.R. **Procariontes residentes de filoplano do feijoeiro como agentes de biocontrole de enfermidades da parte aérea da cultura**. 2005. 140f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- WILSON, M.; CAMPBELL, H.L.; JI, P.; JONES, J.B.; CUPPELS, D.A. Biological control of bacterial speck of tomato under field conditions at several locations in North America. **Phytopatology**, v.92, n.12, p.1284-1292, Dec. 2002.

Controle biológico de fungos fitopatogênicos

Marcelo Augusto Boechat Morandi¹

Trazilbo José de Paula Júnior²

Wagner Bettioli³

Hudson Teixeira⁴

Resumo - No modelo predominante da agricultura convencional, o controle das doenças é feito quase exclusivamente pela aplicação continuada e em larga escala de agrotóxicos, o que tem promovido diversos problemas de ordem ambiental. O desequilíbrio biológico resultante altera a ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica, elimina organismos benéficos e reduz a biodiversidade. A evolução das vendas de fungicidas no Brasil tem apresentado crescimento constante, o que mostra a importância do controle de fungos fitopatogênicos na agricultura e a necessidade de desenvolvimento e introdução de alternativas de manejo. Nesse contexto, o controle biológico torna-se importante e tecnicamente justificável.

Palavras-chave: Controle alternativo. Manejo integrado. Fitopatógeno.

INTRODUÇÃO

Os fungos são o maior e o mais diverso grupo de organismos fitopatogênicos. Todas as plantas são atacadas por patógenos fúngicos e alguns deles podem causar doenças em diversas plantas. Associado a isso, o modelo predominante da agricultura convencional, que tem como base o retorno econômico imediato, preconiza o controle dos problemas fitossanitários quase exclusivamente pela aplicação continuada e em larga escala de agrotóxicos. Assim, têm surgido diversos problemas de ordem ambiental, como contaminação de alimentos, solo, água e animais, intoxicação de agricultores, resistência de patógenos a certos princípios ativos dos agrotóxicos, surgimento de doenças iatrogênicas (as que ocorrem devido ao uso de agrotóxicos), desequilíbrio biológico com alterações da ciclagem de nutrientes e da matéria

orgânica (MO), eliminação de organismos benéficos e redução da biodiversidade.

A proteção de plantas com agrotóxicos apresenta características atraentes, como a simplicidade, a previsibilidade e a necessidade de pouco entendimento dos processos básicos do agroecossistema. Para obter sucesso com a aplicação de um fungicida de amplo espectro, é importante saber como aplicar o produto, mas geralmente são necessárias poucas informações sobre ecologia e fisiologia de espécies, interações biológicas, ecologia de sistemas e ciclagem de nutrientes. Essa simplificação interessa basicamente à comercialização de insumos que interferem em muitas espécies e, conseqüentemente, desequilibram o sistema. Com o tempo, verifica-se que esse modelo é insustentável.

A comercialização de fungicidas tem apresentado crescimento expressivo no

Brasil nos últimos anos, o que mostra a importância do controle de fitopatógenos e a necessidade de desenvolvimento e introdução de alternativas de manejo. Entre essas alternativas, destaca-se o controle biológico.

A preocupação da sociedade com o impacto da agricultura no ambiente e a contaminação da cadeia alimentar com resíduos de agrotóxicos têm alterado o cenário agrícola, resultando no surgimento de segmentos de mercado para produtos diferenciados, tanto os produzidos sem o uso de agrotóxicos, como os portadores de selos que garantem que os agrotóxicos foram utilizados adequadamente. Além disso, o incremento dos custos com o controle químico, a perda de eficiência de alguns agrotóxicos, por causa da resistência dos organismos-alvo e os problemas ambientais advindos dessas práticas

¹Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000 Jaguariúna-SP. Correio eletrônico: mmorandi@cnpma.embrapa.br

²Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: trazilbo@epamig.br

³Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000 Jaguariúna-SP. Correio eletrônico: bettioli@cnpma.embrapa.br

⁴Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: hudson@epamig.br

indicam a necessidade da busca de produtos biocompatíveis para o controle de fitopatógenos, entre os quais os agentes de biocontrole.

O controle biológico, no conceito abrangente apresentado por Cook e Baker (1983) é:

a redução da soma de inóculo ou das atividades determinantes da doença, provocada por um patógeno, realizada por um ou mais organismos que não o homem.

O termo antagonista é empregado para designar agentes biológicos com potencial para interferir nos processos vitais dos patógenos, estando esses agentes adaptados ecologicamente ao mesmo nicho que os ocupados pelos patógenos. Nessa visão, o controle biológico pode ser acompanhado por práticas culturais, para criar um ambiente favorável aos antagonistas e à resistência da planta hospedeira, bem como pelo melhoramento da planta, para aumentar a resistência ao patógeno ou adequar o hospedeiro para as atividades dos antagonistas. De forma mais pragmática, o controle biológico de doenças de plantas pode ser conceituado como sendo o controle de um microrganismo por meio de outro microrganismo.

Neste artigo, são abordados exemplos de controle biológico de fungos fitopatogênicos, abrangendo o conceito mais amplo de alteração do sistema produtivo e o uso de produtos à base de agentes de controle biológico como insumo dentro do sistema produtivo.

PRODUTOS BIOLÓGICOS PARA O CONTROLE DE FUNGOS

O controle biológico está em crescimento no Brasil, mas em progressão lenta, por falta de produtos biológicos disponíveis no mercado e pelo perfil conservador do agricultor brasileiro. A maior parte da comercialização de produtos microbianos é voltada para a agricultura convencional, principalmente para cultivos perenes e semiperenes e cultivos protegidos.

Em levantamento recente, Bettioli et al. (2009) verificaram que, de 109 produtos biológicos para o controle de doenças de plantas comercializados no mundo, 87 (80%) são recomendados para o controle de fungos. Destes, 45 (52%) são recomendados para patógenos veiculados pelo solo, 24 (28%) para patógenos da parte aérea ou pós-colheita e 18 (21%) para patógenos da parte aérea e de solo.

Entre os produtos disponíveis no Brasil, destacam-se aqueles à base de *Trichoderma* spp., recomendados, principalmente, para o controle de fungos habitantes do solo. Levantamento feito por Bettioli e Morandi (2009) indica que, em 2008, 13 empresas de seis Estados da região Centro-Sul do Brasil produziam e comercializavam preparados à base de *Trichoderma*. Geralmente, essas empresas utilizam a técnica de fermentação sólida em grãos de arroz, milho ou outros cereais, com volume de produção em torno de 550 t/ano. As formulações disponíveis no mercado incluem pós-molháveis, grânulos dispersíveis, suspensões concentradas, óleos emulsionáveis, grãos colonizados e esporos secos. *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, *T. stromaticum* e *T. viride* são as principais espécies comercializadas. Em alguns produtos comercializados, entretanto, não há identificação de espécies. Entre os patógenos-alvo estão, principalmente, espécies de *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Macrophomina*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Botrytis* e *Crinipellis*, para as culturas de feijão, soja, algodão, fumo, morango, tomate, cebola, alho, plantas ornamentais e cacau. Alguns produtos são recomendados para o tratamento de substratos e de sementes. Apesar de não existir padronização nas metodologias, as empresas geralmente avaliam a qualidade de seus produtos por contagem de esporos (mínimo de 1×10^8 conídios/g), germinação (mínimo de 85%) e viabilidade (mínimo de $8,5 \times 10^7$ ufc/g). A vida de prateleira dos produtos varia de 30 a 180 dias em temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) e 180 a 360 dias em geladeira ou câmara fria (4-6°C).

CONTROLE BIOLÓGICO DE FUNGOS VEICULADOS PELO SOLO

A ocorrência de doenças de plantas causadas por patógenos habitantes do solo indica a existência de desequilíbrio biológico. A alta taxa de mortalidade de patógenos e a baixa incidência de doenças em condições naturais devem-se a diversos mecanismos naturais, como parasitismo, competição e predação, estímulo à germinação seguida de exaustão e lise, diminuição das reservas do patógeno e antibiose (BETTIOLI; GHINI 2005).

Os patógenos habitantes do solo são controlados por medidas que destroem as unidades propagativas, prevenindo a formação do inóculo no solo ou destruindo o inóculo presente em resíduos infectados, com consequente redução do vigor e da virulência do patógeno e promoção do desenvolvimento das plantas. O controle biológico de patógenos habitantes do solo pode ser obtido pela manipulação do ambiente e pela introdução de antagonistas no solo e em órgãos de propagação das plantas (COOK; BAKER 1983).

A manipulação do ambiente do solo contribui para inibir o aumento e a formação de inóculo do patógeno, desalojar os patógenos dos resíduos das culturas, destruir os propágulos dos patógenos e estimular a população de microrganismos benéficos e/ou antagonísticos. As interações microbianas em alguns solos podem prevenir naturalmente o estabelecimento de patógenos ou inibir suas atividades. Entretanto, pouca atenção é dada a esse fenômeno, denominado solo supressivo, que não significa, necessariamente, a eliminação do patógeno, mas indica a supressão da doença. A supressividade de solos a patógenos pode ser por causa de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Diversos organismos podem estar envolvidos nesse processo, incluindo fungos, bactérias, protozoários, ácaros, insetos, minhocas, nematoides, vírus e oomicetos. Há relatos de solos supressivos para diversas espécies de *Fusarium* (*F.*

oxysporum f. sp. *cubensis*, *F. oxysporum* f. sp. *pisi*, *F. oxysporum* f. sp. *dianthii*, *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *F. roseum* f. sp. *cerealis*, *F. culmorum*), *Verticillium albo-atrum*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum*, *Phytophthora cinnamomi*, *Gaeumannomyces graminis*, entre outras (BETTOL; GHINI 2005).

Como o uso de antagonistas raramente erradica os patógenos, o controle das doenças depende da manipulação do equilíbrio biológico existente no solo. As chances de sucesso do controle biológico são aumentadas quanto maior e mais variada for a comunidade microbiana do solo, havendo necessidade de intensificar as atividades dos antagonistas desejáveis presentes no solo. Algumas estratégias contribuem para intensificar as atividades dos antagonistas, como rotação de cultura, acréscimo de substratos orgânicos, alteração do pH do solo a um nível favorável aos antagonistas e desfavorável aos patógenos, métodos de cultivo que melhorem a estrutura do solo e favoreçam os antagonistas na profundidade do solo em que ocorre a infecção do hospedeiro, época de semeadura favorável ao desenvolvimento do hospedeiro e dos antagonistas, e irrigação que assegure o desenvolvimento do hospedeiro e favoreça os antagonistas.

Uma grande diversidade de antagonistas atua parasitando ou inibindo a germinação de estruturas de patógenos no solo, incluindo fungos filamentosos, como *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. pseudokoningii*, *Clonostachys rosea*, *Gliocladium virens*, *Coniothyrium minitans*, *Paecilomyces lilacinus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium oxysporum* não patogênico, *Mucor*, *Sporidesmium sclerotivorum*, *Myrothecium verrucaria*, *Cladosporium cladosporioides*, *Talaromyces flavus*, *Trichothecium roseum* e *Ulocladium atrum*; leveduras, como *Epicoccum purpurascens*, *E. nigrum*, *Cryptococcus albidus* e *Pichia anomala*; e bactérias, como *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Erwinia herbicola* e *Streptomyces*.

O solo é o *habitat* de populações numerosas e variadas de todos os tipos de microrganismos e reservatório natural da grande diversidade genética destes. De modo geral, durante a maior parte do tempo, os microrganismos estão no solo em estado de inanição, pelas condições de estresse do solo e pela falta de MO. Por isso, quando se acrescenta MO ao solo, há uma explosão populacional dos microrganismos que perduram até que a MO volte a ser fator limitante. Em solos ricos em MO, a diversidade e a quantidade de microrganismos são elevadas. Estimativas indicam populações de bactérias da ordem de 10^8 a 10^9 /g de solo, fungos de 10^4 a 10^6 /g de solo, protozoários de 10^4 a 10^5 /g de solo e algas de 10^3 a 10^4 /g de solo. Esses organismos são essenciais para a vida na terra, por participarem da ciclagem de nutrientes e de todos os ciclos biológicos e geoquímicos, além de manter as populações dos organismos patogênicos em equilíbrio. Portanto, quanto mais complexa a atividade microbiana do solo melhor a qualidade de vida na terra (BETTOL; GHINI 2005). A MO pode ainda servir como fonte de micronutrientes, hormônios, substâncias de sua própria decomposição e aminoácidos. Esses compostos químicos podem causar indução de resistência no hospedeiro ou controlar diretamente o patógeno. Entretanto, há necessidade de considerar as características da própria MO, pois nem sempre o efeito de sua adição é o de reduzir a intensidade de doenças (GHINI et al., 2007).

O sistema de plantio direto (PD), em que o preparo de solo é minimizado e não há arações e gradagens sucessivas, resulta em profunda alteração das populações de organismos que possuem fase saprofítica no solo. O maior potencial de inóculo, em razão da não eliminação dos restos de cultura, e o seu posicionamento mais próximo aos sítios de infecção garantem maior eficiência no processo de inoculação, favorecendo o desenvolvimento inicial mais severo de algumas doenças. Por outro lado, o PD pode propiciar maior tolerância

das plantas às doenças e à formação de um ambiente supressivo aos patógenos do solo, em razão dos maiores teores de nutrientes, MO e diversidade de microrganismos, além de melhor estrutura física que favoreça os antagonistas (ZAMBOLIM et al., 2001). A intensidade do mofo-branco do feijoeiro, causado por *S. sclerotiorum*, é menor, quando a cultura é semeada sobre palhada de milho, braquiária ou arroz, o que pode estar relacionado com a maior atividade biológica de inimigos naturais do patógeno em áreas de PD (NASSER; KARL 1998). A palhada sobre a superfície do solo também cria uma barreira física à dispersão dos ascósporos. A queima da palhada, prática usual entre muitos produtores, elimina essa barreira e torna o microclima desfavorável ao desenvolvimento de antagonistas, além de não atingir os escleródios presentes na camada superficial do solo. Em plantios no Cerrado brasileiro, observou-se que a sobrevivência de escleródios de *S. sclerotiorum* foi reduzida na palhada de gramínea, e que a ocorrência do mofo-branco foi menor em PD do que no convencional (NASSER et al., 1999).

Além da manipulação do ambiente para favorecer as populações de organismos naturalmente presentes no solo, a introdução de antagonistas específicos em áreas de cultivo é prática viável. Para que os antagonistas sejam eficientes no desalojamento dos patógenos presentes no solo, um período é necessário entre sua aplicação e o estabelecimento e a atuação sobre os patógenos. Dessa forma, as estruturas dos patógenos podem ser parasitadas, predadas ou inviabilizadas pela liberação de metabólitos produzidos pelos antagonistas.

Diversos produtos à base de *Trichoderma* são utilizados no Brasil para o controle de patógenos em substrato de produção de mudas, especialmente em hortaliças e ornamentais (MORANDI et al., 2005). A recomendação geral é a adição do fungo via líquida (irrigação) ou sólida (incorporação do substrato contendo esporos e micélio do fungo), após a desinfestação ou esteri-

lização do substrato e alguns dias antes da semeadura ou transplântio. O tratamento de sementes e mudas também é utilizado em diversas culturas.

No caso do fumo, o tombamento, causado pelos fungos de solo *Pythium*, *Sclerotinia* e *Rhizoctonia*, é muito importante nas áreas de cultivo no sul do País. Esses fungos podem ser controlados com produtos biológicos à base de *Trichoderma*. Esse antagonista parasita os principais patógenos nas mudas. No sistema *float*, o antagonista é misturado ao substrato na proporção de 100 g do produto/100 kg de substrato. Esse volume é suficiente para completar 200 bandejas de 200 células. Uma aplicação é suficiente para o controle do tombamento. *Trichoderma* é utilizado isoladamente, não havendo necessidade de mistura com outros produtos ou agentes. Essa estratégia tem sido adotada com vistas à redução do uso de agrotóxicos na

cultura, com consequente diminuição de riscos para produtores e consumidores. O uso dessa prática possibilitou a substituição do brometo de metila, usado para tratar o substrato (BETTIOL, 2003).

Além da incorporação em substrato, o fungo *Trichoderma* é utilizado no tratamento de sementes e na irrigação via pivô central em grandes culturas na região central do País (MORANDI et al., 2005; POMELLA, 2008). As doenças causadas por *S. sclerotiorum*, *S. rolfsii*, *R. solani*, *F. oxysporum* e *F. solani* causam grandes perdas nos cultivos irrigados de feijão, soja, algodão e milho e podem, muitas vezes, inviabilizar totalmente as áreas irrigadas por pivô. Na maioria desses casos, o controle com fungicidas tem eficiência baixa. Recomenda-se a aplicação de produtos à base de *Trichoderma* via tratamento de semente, no plantio e via água de irrigação nos pivôs. O custo do controle biológico

nessas condições é de, aproximadamente, um terço do custo com fungicidas. O antagonista associa-se às estruturas dos patógenos (escleródios, esporos, hifas etc.), causando sua degradação ou impedindo-os de germinar (Fig. 1).

Espécies de *Trichoderma* prevalecem especialmente em ambientes úmidos e podem ser isoladas de todas as zonas climáticas, incluindo solos de desertos (KLEIN; EVERLEIGH 1998). O desenvolvimento das espécies de *Trichoderma* mais utilizadas como agentes de controle biológico é favorecido por temperaturas acima de 25°C. Assim, a introdução desses agentes em áreas e/ou épocas de temperaturas amenas pode ser pouco eficiente no controle de patógenos no solo (PAULA JÚNIOR et al., 2009). Além da temperatura, a falta de cobertura vegetal e de resíduos orgânicos pode causar maior exposição do solo e do inóculo inicial de *Trichoderma* aos



Figura 1 - Apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* parasitados com *Trichoderma* spp.

raios solares. Desse modo, as aplicações com produtos à base de *Trichoderma* são mais eficientes, quando feitas em solo contendo MO ou palhada. A aplicação de *Trichoderma* associada ao PD apresenta resultados consistentes no controle do mofo-branco, especialmente em regiões onde as temperaturas no outono-inverno são elevadas.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PATÓGENOS FÚNGICOS DA PARTE AÉREA

Com a compreensão da natureza física, química e microbiológica da superfície foliar, tornou-se largamente reconhecido que grandes populações de microrganismos epifíticos vivem na superfície foliar e são capazes de influenciar o processo de infecção de folhas e caules por espécies patogênicas.

Antes de penetrar no tecido foliar, os patógenos ficam expostos a interações com os microrganismos residentes e transeuntes da superfície foliar. Microrganismos residentes são os que habitam continuamente a superfície foliar e se adaptam a essas condições. Já os transeuntes ou exógenos são os que normalmente possuem outro *habitat* (solo, sementes, restos culturais etc.), mas podem passar uma fase de seu ciclo na superfície foliar. Os microrganismos exógenos possuem, em geral, baixo estabelecimento no filoplano (BLAKEMAN, 1985). O ambiente da superfície foliar difere sensivelmente do ambiente do solo, caracterizando-se pela ocorrência de variações maiores e mais rápidas, especialmente de temperatura e umidade. Na superfície foliar, os microrganismos estão expostos à ação de chuvas e radiação solar. Outra diferença marcante é a disponibilidade de nutrientes (exsudatos foliares, resíduos orgânicos, grãos de pólen, secreções de afídios, macro e microelementos, diversas substâncias orgânicas etc.). Como consequências das mudanças no ambiente e na disponibilidade de nutrientes, alterações sensíveis ocorrem nas populações microbianas patogênicas e

epifíticas da superfície foliar, fenômeno denominado sucessão microbiana no filoplano (BLAKEMAN, 1985).

Os microrganismos do filoplano mais comumente encontrados são bactérias, leveduras e fungos filamentosos. No início do desenvolvimento da planta, as bactérias são os organismos colonizadores mais frequentes (colonizadores primários). Com o desenvolvimento do hospedeiro, aumenta a quantidade de açúcares nas folhas e, assim, inicia-se o próximo estágio da sucessão microbiana, marcado pelo aumento da população de leveduras. Uma característica marcante das leveduras é sua capacidade de manter o crescimento mesmo em condições de temperaturas altas e umidade relativa do ar baixa. Os esporos dos fungos filamentosos, mesmo depositados na superfície foliar, permanecem dormentes. Entretanto, quando as folhas atingem o estágio de senescência, a dormência pode ser vencida, ocorrendo inclusive a colonização dos tecidos internos da planta. Assim, na senescência, cresce a população de fungos filamentosos, que também passam a nutrir bactérias e leveduras. A sucessão apresentada considera a população dominante nos diferentes estádios, pois, de modo geral, os diversos microrganismos estão presentes simultaneamente, o que é relevante para o controle biológico natural.

O equilíbrio da população microbiana do filoplano pode ser facilmente quebrado pela influência humana. A modificação da superfície foliar e de seu microambiente pode ocorrer por causa da poluição ou da aplicação de produtos químicos (fungicidas, inseticidas, herbicidas, hormônios, acaricidas e fertilizantes). Essas alterações podem interferir na ocorrência de doenças, pois haverá uma redução da população microbiana saprofítica, surgindo a oportunidade de desenvolvimento de um patógeno que tinha, inicialmente, importância secundária.

Os patógenos constituem uma pequena fração dos habitantes das proximidades e das superfícies dos órgãos das plantas. Frequentemente, a severidade da doença

aumenta, quando o patógeno é reintroduzido em sítios de infecção pré-esterilizados, indicando que os habitantes das superfícies dos órgãos das plantas servem como tampão biológico (COOK; BAKER 1983). A ocorrência natural do controle biológico é comprovada pelas mudanças causadas pelo emprego continuado de fungicidas.

A população de microrganismos antagonistas do filoplano consiste, basicamente, de bactérias e fungos (filamentosos e leveduriformes). Nesse ambiente, competição, antibiose, parasitismo e indução de resistência são intensos, resultando em controle natural de doenças foliares.

De forma geral, as interações entre antagonistas e patógenos no filoplano são estabelecidas em função das características dos patógenos e dos mecanismos de biocontrole de cada antagonista. Com base nessas características, é possível estabelecer três grandes grupos de fungos patogênicos e os mecanismos prioritários de ação dos agentes de controle biológico (Quadro 1). É possível que o parasitismo seja o mecanismo mais eficiente no controle biológico natural, pois hiperparasitas, por viverem à custa do próprio patógeno, são menos sujeitos às variações do ambiente.

A estratégia usual de controle biológico de um patógeno do filoplano é por meio da introdução de antagonistas. Para ser bem-sucedido, o antagonista deve, preferencialmente, multiplicar-se e colonizar a superfície da planta. Para cada patossistema existe um local mais apropriado para realizar a seleção de antagonistas. No entanto, as chances de obtenção de microrganismos efetivamente antagonistas são aumentadas fazendo-se isolamentos no próprio ambiente onde os antagonistas serão utilizados. Assim, os microrganismos residentes no filoplano possivelmente serão os mais adequados para atuar nesse ambiente. A utilização de microrganismos com capacidade antagonista reconhecida e não residentes no filoplano também é praticada no controle biológico de doenças da parte aérea, com a vantagem de abreviar o período de seleção de antagonistas nas fases iniciais do trabalho.

QUADRO 1 - Interações entre fungos patogênicos e antagonistas no filoplano

Patógeno	Características básicas	Principais mecanismos de controle	Grupo de antagonistas potencial	Habitat
Necrotrófico não especializado (ex.: <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Cladosporium</i> spp., <i>Septoria</i> spp.)	Crescimento saprofítico antes da penetração; necessitam de fonte externa de nutrientes para germinação	Competição por espaço e nutrientes	Bactérias Leveduras Fungos filamentosos	Filoplano ou exógeno Filoplano Filoplano ou exógeno
Necrotrófico especializado (ex.: <i>Colletotrichum</i> spp.)	Crescimento saprofítico pequeno ou ausente antes da penetração; pequena dependência de nutrientes exógenos; formam apressório e penetram rapidamente na ausência de nutrientes exógenos	Antibiose	Bactérias Fungos filamentosos	Filoplano ou exógeno Filoplano ou exógeno
Biotróficos (ex.: ferrugens)	Não possuem crescimento saprofítico; crescimento do tubo germinativo sustentado por reservas internas do esporo	Parasitismo e antibiose	Bactérias Fungos filamentosos	Filoplano ou exógeno Filoplano ou exógeno

FONTE: Dados básicos: Blakeman (1985).

O sucesso do controle biológico de doenças da parte aérea depende do modelo biológico escolhido. Para as culturas perenes, a utilização de antagonistas que atuam por meio de hiperparasitismo conduz a resultados mais promissores, pois o estabelecimento dos antagonistas é facilitado. Para as culturas anuais, os antagonistas que atuam por antibiose e competição têm maiores chances de sucesso, sendo mais indicados para doenças que ocorrem em períodos definidos e, preferencialmente, de forma isolada.

A bactéria *Bacillus subtilis* é um dos antagonistas mais estudados para o controle de patógenos fúngicos na parte aérea de plantas, especialmente no controle de doenças do filoplano e em pós-colheita. Essa bactéria é efetiva na prevenção e no controle de doenças causadas por várias espécies de patógenos. Inibe a germinação de esporos, o crescimento do tubo germinativo e micelial dos patógenos, bloqueando o ataque do patógeno à superfície foliar pela formação de uma zona de inibição, e também por indução de resistência no hospedeiro. Há produtos no mercado internacional com registro de utilização em plantios de uva, maçã, pera, amendoim, cucurbitáceas, hortaliças folhosas, crucí-

feras, pimentão, tomate, cebola, cenoura, herbáceas, ornamentais, etc. (WELLER, 1988; EDGECOMB; MANKER 2008). Produtos formulados a partir de *B. subtilis* são utilizados, desde 1983, nos Estados Unidos, para o tratamento de sementes de amendoim e aplicações nas folhas e no solo (WELLER, 1988; EDGECOMB; MANKER 2008).

Morandi et al. (2005) descrevem o uso de outros antagonistas para o controle de patógenos do filoplano no Brasil, como *Dycima pulvinata*, para o controle do mal-das-folhas da seringueira, *Acremonium*, para o controle da lixa-do-coqueiro, *T. stromaticum* associado ao manejo cultural, para o controle da vassoura-de-bruxa do cacauzeiro, e *Clonostachys rosea*, para o controle do mofo-cinza em morango e ornamentais.

INTEGRAÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO PARA O CONTROLE DE FITOPATÓGENOS E PRAGAS

A integração de métodos para o manejo de mais de um patógeno ou praga ao mesmo tempo aumenta as chances de sucesso de controle e contribui para a redução de custos. A integração de métodos fitossani-

tários é a principal forma de reduzir o uso de agrotóxicos em sistemas de produção, como tem-se buscado no manejo integrado de pragas e na produção integrada de várias culturas (DE WIT et al., 2009; MORANDI, 2009). Entretanto, seu sucesso só é possível com o conhecimento das possíveis interações entre plantas, fitófagos e patógenos e seus efeitos sobre a eficiência dos métodos considerados (PAULA JÚNIOR et al., 2007).

Uma experiência bem-sucedida foi implantada em propriedade localizada em Holambra, SP, especializada no cultivo de lírio, cultura de alto valor agregado, e com histórico de utilização intensiva de fungicidas, inseticidas e acaricidas (DE WIT et al., 2009). Os problemas fitossanitários no lírio, incluindo doenças causadas por *Botrytis elliptica*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Penicillium*, *Rhizoctonia* e *Pythium*, e pragas como pulgões, *Fungus gnatus*, bicho-mineiro, tripes e lagartas são limitantes para o seu cultivo. Nessa propriedade, chegou-se a usar brometo de metila para manter o sistema produtivo em funcionamento, em função do desequilíbrio gerado ao longo do tempo. A partir desse ponto, foi tomada a decisão de alterar o sistema de cultivo. O uso de

agrotóxicos foi paulatinamente substituído pela integração de métodos biocompatíveis para o controle de pragas e doenças, com introdução de vários microrganismos. A primeira medida foi deixar de utilizar agrotóxicos de faixa vermelha, fase que demorou aproximadamente um ano. Mais um ano foi utilizado para substituir os de faixa amarela. Finalmente, depois do terceiro ano, deixou-se de utilizar agrotóxicos na propriedade. Paralelamente à substituição dos agrotóxicos, foi alterada a fertilização da cultura para permitir a sobrevivência dos agentes de biocontrole que passaram a fazer parte do sistema. Atualmente, a produção de lírios na propriedade baseia-se na desinfestação do substrato com vapor, seguido de sua recolonização com *Trichoderma*, *Metarhizium*, *Beauveria* e microrganismos presentes em biofertilizante produzido aerobicamente, visando à eliminação do vácuo biológico promovido pela desinfestação. Além disso, são realizadas pulverizações com *Trichoderma*, *Clonostachys*, *Metarhizium*, *Beauveria* e *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. Quando necessário, são utilizados produtos como óleo de nim, própolis, fosfito e piro-alho. Associado a esses produtos e a uma fertilização equilibrada e controlada diariamente, um programa de sanitização, com a eliminação de plantas e partes

de plantas doentes, é mantido em todas as estufas. Adicionalmente, são usadas armadilhas para o monitoramento e o manejo de pragas, além do controle da umidade relativa do ar dentro das casas de vegetação. Todas as caixarias, vasos e demais utensílios utilizados em cada ciclo produtivo, que varia de 30 a 90 dias, dependendo das variedades cultivadas, são desinfestados com substância à base de pinho. O sucesso dessa experiência não se deve apenas à substituição dos agrotóxicos por algum produto biocompatível, mas pela alteração de todo o sistema de produção, já que a simples substituição de produtos pode levar aos mesmos desequilíbrios causados pelos agrotóxicos.

Um sistema semelhante foi adotado para a cultura de *Spathiphyllum* (espatifilo, bandeira-branca ou lírio-da-paz) (DE WIT et al., 2009). A principal doença da cultura é a podridão de raiz e colo, causada por *Cylindrocladium spathiphylli*, além dos sintomas causados por *Pythium*, *Phytophthora* e *Fungus gnatus*. Os fungicidas disponíveis no mercado não são registrados para a cultura e não apresentam a eficiência desejada, por causa dos problemas com a resistência do patógeno. O ciclo da cultura é de 18 meses, o que prolonga a exposição aos problemas fitossanitários. A estratégia de substituição dos agrotóxi-

cos por técnicas alternativas de controle iniciou-se nas estufas de produção, onde foi estabelecido um programa de adoção de técnicas que não causassem estresses às plantas. A estratégia básica adotada foi o tratamento adequado do substrato. Além disso, foi montada uma estrutura na casa de vegetação que permitiu a elevação dos vasos em torno de 30 cm, com a finalidade de evitar a contaminação via solo. As plantas passaram a ser pulverizadas de forma preventiva com agentes de biocontrole (*Trichoderma* spp., *Metarhizium anisopliae*, *C. rosea*, *Beauveria* sp., *B. thuringiensis* var. *israelensis* e *B. subtilis*) e extrato de peixe. Ao final, a sanitização e o uso de armadilhas foram incorporados à rotina das casas de vegetação.

A integração de métodos físicos e biológicos também foi eficiente no controle de patógenos em viveiro de *Cordia verbenacea* (erva-baleeira) (MORANDI, 2009). A erva-baleeira é uma planta medicinal, cujo óleo essencial é usado comercialmente na fabricação de pomadas e spray com propriedades anti-inflamatórias. A propagação de mudas é feita em viveiros. Um dos problemas fitossanitários detectados em viveiros tem sido o ataque de *Phoma* sp. O manejo integrado (Fig. 2) proposto para o controle da doença permitiu a redução drástica das perdas e incluiu:

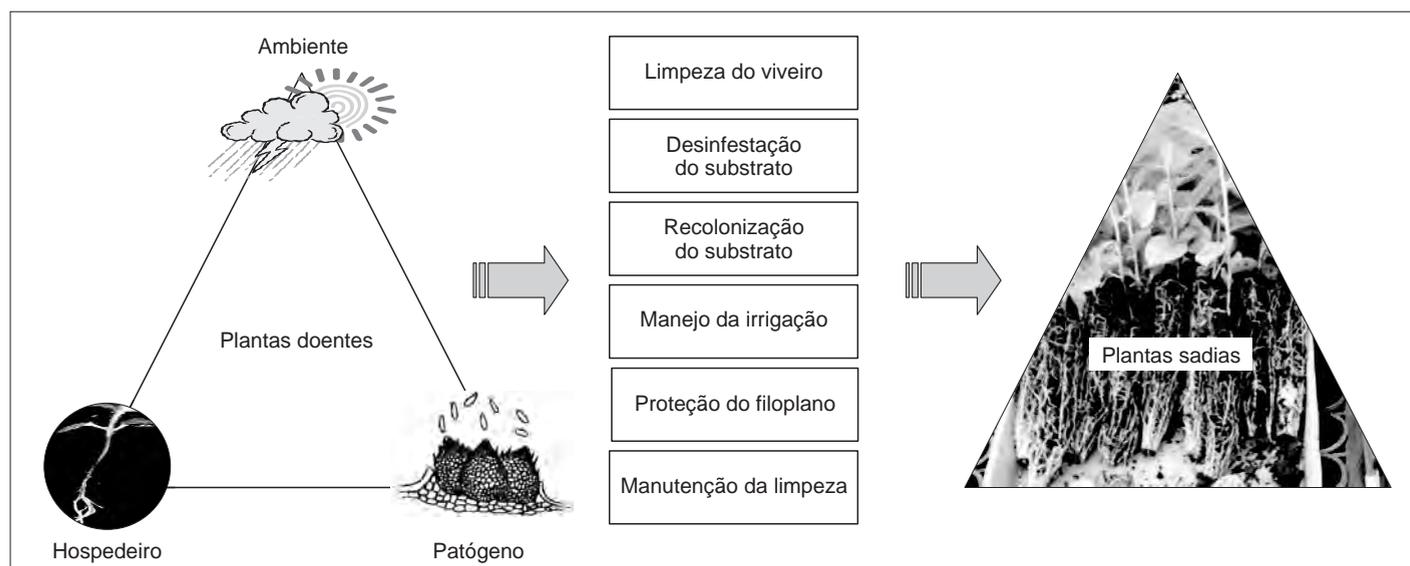


Figura 2 - Esquema de manejo integrado de *Phoma* sp. em viveiro de erva-baleeira

FONTE: Dados básicos: Morandi (2009).

- a) limpeza e desinfestação das instalações do viveiro;
- b) desinfestação prévia do substrato em coletor solar (GHINI; BETTIOL, 1991);
- c) recolonização do substrato com aplicação de biofertilizante à base de esterco bovino, visando ao incremento da diversidade e atividade microbianas no substrato (BETTIOL, 2006);
- d) manejo da irrigação, com a redução da frequência, para reduzir o período de molhamento foliar e limitar a ocorrência de ambiente favorável à infecção;
- e) proteção do filoplano, por meio da pulverização quinzenal de biofertilizante a 10%, visando à formação de uma “barreira biológica” sobre as mudas;
- f) manutenção da limpeza, com eliminação frequente de plantas e partes de plantas doentes, visando à redução da disseminação do inóculo secundário do patógeno no interior do viveiro.

No sistema agrícola convencional, o manejo de populações de pragas e de patógenos é tratado de forma isolada. Não é levado em consideração o efeito das interações entre organismos infestantes e infectantes quanto à dinâmica de suas populações. Por outro lado, em sistemas onde o uso de pesticidas é restrito, a diversidade e a abundância de espécies de fitófagos e de patógenos são maiores e as interações entre esses grupos de organismos podem afetar a dinâmica de suas populações (PAULA JÚNIOR et al., 2007).

A cultura do morangueiro é atacada por diversos fitófagos, sendo os ácaros os mais importantes, com destaque para o ácaro-rajado *Tetranychus urticae*. A principal forma de controle desse ácaro em plantios comerciais de morangueiro é por meio da aplicação sistemática de acaricidas. Contudo, essa estratégia apresenta uma série de desvantagens, como a não-especificidade, a contaminação do ambiente e a possibilidade de surgimento de subpopulações

de pragas resistentes. Além das pragas, os morangueiros são infectados por grande diversidade de espécies de patógenos, com destaque para *Botrytis cinerea*, causador do mofo-cinza. Esse patógeno também causa perdas em ornamentais, hortícolas e frutíferas, sobretudo em cultivo protegido. Pode atacar as culturas em vários estágios de desenvolvimento e no armazenamento, o que dificulta o seu controle. A esporulação abundante nos restos culturais, principal fonte de inóculo, contribui para a manutenção de epidemias. Assim, preconiza-se a supressão da esporulação como estratégia de manejo (MORANDI et al., 2003). Os fungicidas, em geral, não são eficientes em suprimir a esporulação de *B. cinerea*, uma vez que interferem principalmente no processo de infecção e não são efetivos contra o patógeno nos restos culturais. Morandi et al. (2000) relataram que a infestação do ácaro-rajado em folhas de roseira aumentou a germinação, o crescimento e a esporulação de *B. cinerea*, demonstrando a importância do manejo integrado desses problemas.

O manejo biológico integrado do ácaro-rajado e do mofo-cinza é realizado com sucesso, desde 2005, no cultivo orgânico do morango em Serra Negra, SP, com a aplicação do agente de biocontrole

C. rosea em conjunto com a liberação de ácaros predadores *Phytoseiulus macropilis* e *Neoseiulus californicus* (MORANDI; BETTIOL 2008).

O fungo *C. rosea* é encontrado em diferentes *habitats*, em regiões tropicais e temperadas, comumente associado a escleródios no solo e a tecidos vegetais senescentes. Além disso, coloniza endofiticamente raízes, hastes, folhas e frutos de diferentes plantas (SUTTON et al., 1997). É eficiente no controle de *B. cinerea* em plantas de famílias distintas, como gerânio, begônia, ciclâmen, *Exacum*, roseiras e outras ornamentais, tomate, pimentão, pepino, framboesa, morango e mudas de eucalipto e de coníferas. Em morango, o antagonista é pulverizado semanalmente a partir do transplante das mudas, enquanto os ácaros predadores são liberados nas reboleiras, assim que os primeiros ácaros-rajados são observados na cultura. Além da aplicação dos agentes de controle biológico, a limpeza da cultura (sanitização) deve ser feita pela eliminação contínua de folhas e frutos doentes. Essa prática é de fundamental importância para a eficiência do manejo. No campo, a interrupção da limpeza proporcionou aumento da incidência da doença mesmo com a aplicação do agente de biocontrole (Gráfico 1).

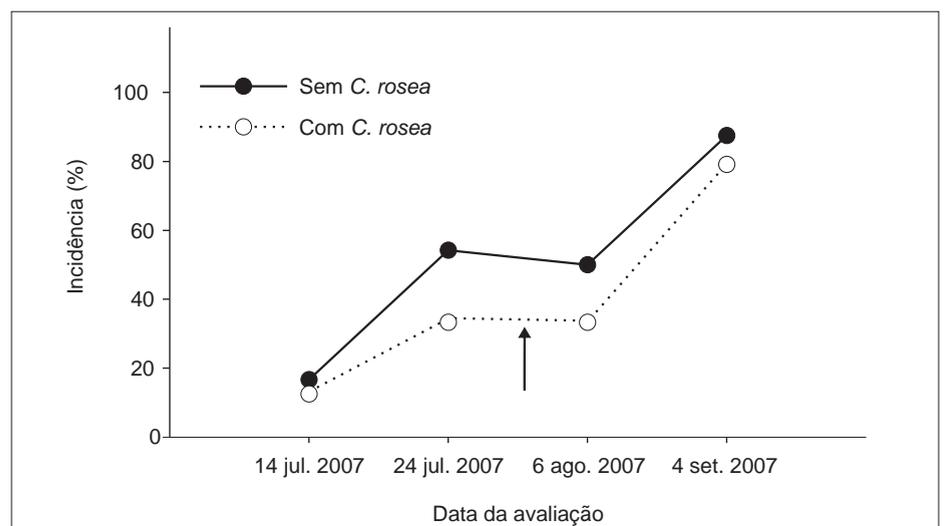


Gráfico 1 - Incidência de *Botrytis cinerea* em morangueiro cultivado em sistema orgânico com a aplicação do agente de biocontrole *Clonostachys rosea* e realização de práticas de sanitização

NOTA: A seta indica a interrupção da remoção de restos culturais e frutos doentes.

A introdução de agentes de biocontrole no sistema produtivo é segura do ponto de vista ambiental e de riscos à saúde humana. No caso de *C. rosea*, há produtos registrados nos Estados Unidos e Canadá para o controle de *B. cinerea*. No Brasil, o fungo é comercializado, porém não há registro no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os ácaros predadores também são comercializados no País e há processos de registro pendentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de todas as vantagens relatadas, o uso de agentes de controle biológico apresenta diversas dificuldades, especialmente relacionadas com a qualidade dos produtos biológicos, registro no MAPA, ausência de fornecedores qualificados, controle de qualidade e, principalmente, com o pequeno número de agricultores com sistemas integrados para troca de informações e experiências.

A introdução de um agente de controle biológico exige o seu estabelecimento, seguido de interações com o organismo-alvo e outros organismos. Essas interações complexas são fundamentais para o sucesso do controle, devem ser analisadas de modo holístico e consideradas em longo prazo. Há necessidade de amplo conhecimento da ecologia de sistemas para o sucesso do controle biológico. Desse modo, a simples substituição dos agrotóxicos não é suficiente para garantir uma agricultura mais limpa. É necessário redesenhar os sistemas de produção para atingir a sua sustentabilidade.

O mercado brasileiro de agentes de controle biológico de doenças de plantas tem crescido e diversificado significativamente nos últimos anos. A adoção do controle biológico e de outros métodos alternativos para o controle dos problemas fitossanitários vem recebendo colaboração marcante de um movimento crescente que é a agricultura orgânica e suas variantes

(agricultura biodinâmica, natural, alternativa, sustentável e ambiental). Esses novos modelos de agricultura colaboram para a racionalização do uso de agrotóxicos e atendem às exigências da produção de alimentos saudáveis e com qualidade ambiental.

A integração de métodos biocompatíveis para o controle dos problemas fitossanitários ainda é mais importante no contexto de mudanças climáticas globais. Assim, é imprescindível que esforços sejam feitos para minimizar a emissão de carbono para a atmosfera. Possivelmente, diversos desses métodos poderão colaborar nesse sentido.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Manejo biológico de fungos e doenças de solo

AGROTRICH® PLUS é um composto biológico a base de *Trichoderma* spp. altamente concentrado indicado para o manejo de diversas doenças causadas por fungos presentes no solo, proporcionando às plantas um desenvolvimento mais sadio e vigoroso durante todo o seu ciclo.



composto biológico
Agrotrich® Plus



Testemunha (foto 1): 840 sc/ha om 90% batata especial.
Tratada (foto 2): 900 sc/ha com 95% batata especial.



"Insumo inspecionado pela ECOCERT BRASIL, de acordo com normas brasileiras e internacionais. Apropriado para uso na agricultura orgânica. Utilização condicionada aos critérios de cada regulamento orgânico".

"Produto em conformidade com a Instrução Normativa 64/2008 – anexo VIII"



REFERÊNCIAS

- BETTIOL, W. Controle de doenças de plantas com agentes de controle biológico e outras tecnologias. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (Ed.). **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.191-216.
- _____. Productos alternativos para el manejo de enfermedades en cultivos comerciales. **Fitosanidad**, Havana, v.10, n.2, p.85-98, jun. 2006.
- _____; GHINI, R. Solos supressivos. In: MICHEREFF, S.F.; ANDRADE, D.E.G.T.; MENEZES, M. (Ed.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFPE, 2005. p.125-152.
- _____; MORANDI, M.A.B. *Trichoderma* in Brazil: history, research, commercialization and perspectives. **IOBC/WPRS Bulletin**, v.43, p.235-237, 2009.
- _____; _____. PINTO, Z.V.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; CORREA, E.B.; MOURA, A.B.; LUCON, C.M.M.; COSTA, J.C.; BEZERRA, J.L. Bioprotetores comerciais para doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.17, p.111-147, 2009.
- BLAKEMAN, J.P. Ecological succession of leaf surface microorganisms in relation to biological control. In: WINDELS, C.E.; LINDOW, S.E. **Biological control on the phylloplane**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1985. p.6-30.
- COOK, R.J.; BAKER, K.F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. 2.ed. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1983. 539p.
- DE WIT, J.P.W.; KIEVITSBOSH, R.A.; BETTIOL, W. Integração de métodos físicos e biológicos para o controle de doenças e pragas em lírio e espatifilo. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p.331-336.
- EDGECOMB, D.W.; MANKDER, D.C. Serenade (*Bacillus subtilis* strain QST 713) and Sonata (*Bacillus pumilus* QST 2808), new biological tools for integrated and organic disease control programs. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.34, p.196-199, fev. 2008. Suplemento.
- GHINI, R.; BETTIOL, W. Coletor solar para desinfestação de substratos. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.17, n.3/4, p.281-286, jul./dez. 1991.
- _____; PATRÍCIO, F.R.A.; BETTIOL, W.; ALMEIDA, I.M.G.; MAIA, A.H.N. Effect of sewage sludge on suppressiveness soil-borne plant pathogens. **Soil Biology & Biochemistry**, Amsterdam, v.39, p.797-805, 2007.
- KLEIN, D.; EVERLEIGH, D.E. Ecology of *Trichoderma*. In: KUBICEK, C.P.; HARMAN, G.E. (Ed.). **Trichoderma & Gliocladium: enzymes, biological control and commercial applications**. London: Taylor & Francis, 1998. v.1, p.57-74.
- MORANDI, M.A.B. Integração de métodos físicos e biológicos no controle de doenças em viveiros de plantas medicinais: estudo de caso com *Cordia verbenacea*. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p.337-341.
- _____; BETTIOL, W. Integração de métodos biocompatíveis no manejo de doenças e pragas: experiências em plantas ornamentais e medicinais. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.33, p.31-34, 2008. Suplemento.
- _____; _____. GHINI, R. Situação do controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Coord.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa, MG: EPAMIG-CTZM, 2005. p.247-268.
- MORANDI, M.A.B.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G.; ALFENAS, A.C.; BARBOSA, J.G. Suppression of *Botrytis cinerea* sporulation by *Clonostachys rosea* on rose debris: a valuable component in Botrytis blight management in commercial greenhouses. **Biological Control**, Amsterdam, v.26, n.3, p.311-317, Mar. 2003.
- _____; SUTTON, J.C.; MAFFIA, L.A. Relationships of aphid and mite infestations to control of *Botrytis cinerea* by *Clonostachys rosea* in rose (*Rosa hybrida*) leaves. **Phytoparasitica**, v.28, n.1, p.55-64, Mar. 2000.
- NASSER, L.C.B.; CAFÉ FILHO, A.C.; AZEVEDO, J.A.; GOMES, A.C.; ALBRETCH, J.C.; FREITAS, M.A.; KARL, A.C.; FERRAZ, L.L.C.; MEDEIROS, R.G.; ARANCIBIA, R.C.; NAPOLEÃO, R.L.; JUNQUEIRA, N.T.V. Manejo do cancro da haste da soja e mofo branco do feijoeiro em sistemas de produção do cerrado. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.24, p.220-222, ago. 1999. Suplemento. Resumos do XXXII Congresso Brasileiro de Fitopatologia.
- _____; KARL, A.C. Mofo branco do feijoeiro irrigado e o plantio direto nos cerrados. **Direto no Cerrado**, Uberlândia, v.3, n.8, p.11-12, 1998.
- PAULA JÚNIOR, T.J. de; TEIXEIRA, H.; FADINI, M.A.M.; VENZON, M.; JESUS JÚNIOR, W.C.; MORANDI, M.A.B.; PALLINI, A. Interações entre fitófagos e patógenos de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.15, p.353-402, 2007.
- _____; VIEIRA, R.F.; ROCHA, P.R.R.; BERNARDES, A.; COSTA, E.L.; CARNEIRO, J.E.S.; VALE, F.X.R. do; ZAMBOLIM, L. White mold intensity on common bean in response to plant density, irrigation frequency, grass mulching, *Trichoderma* spp., and fungicide. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.44-48, Jan./Feb. 2009.
- POMELLA, A.W.V. A utilização do controle biológico para grandes culturas: a experiência do grupo Sementes Farroupilha. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.34, p.195-196, fev. 2008. Suplemento.
- SUTTON, J.C.; DE-WEI, L.; GANG, P.; HAI, Y.; PINGGAO, Z.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M. *Gliocladium roseum*: a versatile adversary of *Botrytis cinerea* in crops. **Plant Disease**, St. Paul, v.81, n.4, p.316-328, Apr. 1997.
- WELLER, D.M. Biological control of soil-borne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.26, p.379-407, 1988.
- ZAMBOLIM, L.; CASA, R.T.; REIS, E.M. Manejo integrado de doenças em plantio direto. **Informe Agropecuário**. Plantio Direto, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.73-83, jan./fev. 2001.

Publicação avalia impactos ambientais do Perímetro Irrigado de Jaíba

Série Documentos

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais Nº 45 - 2009 ISSN 0102 - 2164
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Coletânea e análise de impactos ambientais gerados pelo Perímetro Irrigado de Jaíba



Lançamento

O Projeto Jaíba é considerado o maior perímetro de irrigação da América Latina e tem importância estratégica para o Brasil. Idealizado há décadas, atinge agora o mais alto nível de ocupação de suas áreas, com geração de renda e utilização de mão-de-obra e a preocupação com aspectos relacionados com o meio ambiente.

Esta Série Documentos faz uma avaliação dos impactos ambientais, da irrigação e o ambiente na região do Projeto Jaíba, com o objetivo de possibilitar a implantação de perímetros irrigados semelhantes com maior sustentabilidade.

Informações:
(31) 3489-5002
publicacao@epamig.br



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Controle biológico de fitonematoídes

Wânia dos Santos Neves¹
 Everaldo Antônio Lopes²
 Leandro Grassi de Freitas³
 Douglas Ferreira Parreira⁴

Resumo - A busca por métodos alternativos de controle de doenças de plantas cresce a cada dia, fazendo com que os agricultores se interessem, cada vez mais, pela introdução de medidas, que visem à redução do uso de produtos químicos na agricultura. A adoção de técnicas de controle biológico de doenças de plantas tem aumentado tanto em agricultura orgânica como em manejo integrado, onde os organismos de controle são associados a outros métodos. Isto resulta na redução do uso de produtos químicos e em produtos de melhor qualidade para a saúde do homem e para o meio ambiente. Esse fato tem gerado consequências importantes, pois alguns patógenos, como os fitonematoídes, causam perdas elevadas na produção agrícola por ser de difícil controle. Assim, medidas que reduzam seus danos são de extrema importância para aumentar a produtividade e obter produtos de melhor qualidade. Entre os agentes de controle biológico de fitonematoídes mais usados estão as bactérias e os fungos. Como possuem diferentes modos de ação, podem ser usados em conjunto, para maior eficiência de controle.

Palavras-chave: Controle alternativo. Manejo Integrado. Fitopatógeno. Bactéria. Fungo.

INTRODUÇÃO

Nematoídes parasitas de plantas causam grandes perdas na produção agrícola mundial, visto que são organismos que atacam diversas culturas de interesse agrônomo, o que reflete em baixa produtividade, grandes prejuízos para o agricultor e aumento no custo final do produto para o consumidor (SASSER; FRECKMAN, 1987).

O controle de nematoídes é complexo. Por isso, medidas preventivas devem ser tomadas, a fim de evitar a introdução desses organismos em áreas onde ainda não estão presentes. Após serem introduzidos, outras medidas de controle devem ser adotadas para minimizar os prejuízos

causados. Dentre estas destacam-se o controle por meio de resistência genética, a rotação de culturas, o controle químico e outros métodos alternativos, como o controle biológico, que, a cada dia, ganha mais espaço nas pesquisas científicas e no uso pelos agricultores.

Segundo Kerry (1989), para que um organismo seja considerado um bom agente de controle biológico, é necessário que tenha as seguintes características:

- a) apresente parasitismo letal;
- b) seja de fácil manipulação em laboratório;
- c) apresente facilidade de produção em massa;

- d) seja de fácil aplicação com equipamentos convencionais;
- e) tenha alto potencial de estabelecimento no solo;
- f) apresente persistência no solo por longos períodos, mesmo em condições adversas;
- g) seja inócuo ao homem e ao ambiente;
- h) não exija aplicações constantes;
- i) seja de fácil identificação;
- j) possua um modo de ação conhecido.

Diversos organismos são considerados inimigos naturais de fitonematoídes, como bactérias, fungos, nematoídes predadores,

¹Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG NM, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: wanianeves@epamig.br

²Eng^a Agr^a, Pós-Doc, Prof. Adj. UNIPAM - Centro Educacional de Patos de Minas, R. Major Gote, 808, CEP 38702-054 Patos de Minas-MG. Correio eletrônico: everaldolopes@hotmail.com

³Eng^a Agr^a, Ph.D., Prof. UFV - Dep^{to} Fitopatologia, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: leandro@ufv.br

⁴Eng^a Agr^a, Doutorando UFV - Dep^{to} Fitopatologia, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: douglas2002ufv@yahoo.com.br

tardígrados, vírus, artrópodes e ácaros. Destes, bactérias e fungos são os mais estudados para uso no controle biológico de nematoides fitoparasitas (KERRY, 1990).

BACTÉRIAS PARASÍTICAS

Pasteuria penetrans

A bactéria endoparasita *Pasteuria penetrans* forma esporos de resistência (endósporos). É considerada a bactéria com maior potencial de controle biológico. Sua sobrevivência prolongada no solo, resistência ao calor e à dessecação, inocuidade ao homem e a outros animais e o possível uso em conjunto com práticas culturais são suas principais vantagens (STIRLING, 1991).

Além de *P. penetrans*, três outras espécies de *Pasteuria* foram descritas com base em suas características morfológicas, morfométricas e de gama de hospedeiros: *Pasteuria thornei*, parasita de *Pratylenchus* spp., *Pasteuria nishizawae*, parasita de nematoides dos gêneros *Heterodera* e *Globodera* e *Candidatus Pasteuria usgae*, parasita de *Belonolaimus longicaudatus*. Sabe-se que bactérias do gênero *Pasteuria* parasitam mais de 300 espécies de nematoides. Geralmente, essa bactéria é específica, mas endósporos de *Pasteuria* retirados de uma espécie de nematoide podem vir a aderir e multiplicar-se em organismos de outra espécie ou mesmo de outro gênero de nematoide.

Reprodução

O juvenil de segundo estágio (J2) do nematoide-das-galhas, *Meloidogyne* spp., sai do ovo, migra no solo em direção às raízes das plantas e completa o seu ciclo de vida, cerca de 30 a 40 dias após a penetração na raiz. Nesse estágio, a fêmea madura coloca cerca de 500 ovos em uma massa de ovos externamente à raiz. Os J2, que sairão dos ovos, darão origem, após outro ciclo de vida, a cerca de 250 mil J2 e assim por diante. No trajeto do ovo à raiz, se o J2 entrar em contato com endósporos de *Pasteuria* dormentes no solo, estes

grudarão na cutícula e serão carregados para dentro da raiz pelo nematoide. Assim que o J2 começa a alimentar-se no interior da raiz, o endósporo recebe um estímulo e emite um tubo germinativo que perfura a cutícula do nematoide e chega ao fluido pseudocelômico, que funciona como o sangue do nematoide. Lá, a bactéria encontra alimento para se multiplicar. Forma, então, colônias vegetativas com engrossamento nas terminações de cada micélio que dará origem a novos endósporos. Esse parasitismo é muito eficiente e os ovários do nematoide não conseguem competir com a bactéria pelos nutrientes do corpo da fêmea. Portanto, o nematoide não produz ovos e a fêmea torna-se um saco, contendo cerca de dois milhões de esporos da bactéria, que são liberados ao solo com a morte da fêmea e decomposição dos tecidos da raiz. Após vários ciclos de vida do nematoide e da bactéria, a concentração de endósporos no solo eleva-se e cada juvenil em migração acaba aderido com mais de 50 esporos, o que impede sua locomoção e a infecção da raiz. Nesse ponto, diz-se que o solo está supressivo ao nematoide, pela presença da bactéria, ou seja, há ausência ou supressão da doença, quando são cultivadas plantas suscetíveis. Portanto, *P. penetrans* atua em duas fases: inibindo a produção de ovos e a penetração do juvenil na raiz.

Como a reprodução dessa bactéria em meio de cultura ainda não foi obtida com sucesso, a produção massal de *P. penetrans* é feita *in vivo*, inoculando-se plantas em casa de vegetação com J2 de *Meloidogyne* com endósporos aderidos na cutícula, como descrito por Stirling e Wachtel (1980).

Condições de ambiente favoráveis

Embora a bactéria *P. penetrans* seja encontrada em vários tipos de solo, os que geralmente se tornam supressivos a nematoides são os de textura arenosa. A maior movimentação dos J2 em solo arenoso, do que em argiloso, aumenta a possibilidade de contato entre J2 e endósporos imóveis da bactéria, assim como a maior percolação

de água em solos arenosos faz com que endósporos aplicados na superfície do solo atinjam as camadas mais profundas, onde se encontram os nematoides.

Tratos culturais como irrigação, aração e gradagem melhoram a distribuição de endósporos no campo e aumentam as chances de contato entre *P. penetrans* e nematoides. Outro fator primordial para o desenvolvimento dessa bactéria é a temperatura. A adesão de endósporos e o desenvolvimento de *P. penetrans* em *Meloidogyne* spp. ocorrem de forma mais eficiente em temperaturas entre 25°C e 30°C. Maiores informações sobre a biologia de *P. penetrans* podem ser encontradas no trabalho de Freitas e Carneiro (2000).

Eficiência de *Pasteuria penetrans* no campo

A bactéria *P. penetrans* foi aplicada para controle biológico do nematoide-das-galhas *Meloidogyne javanica* em três situações diversas: em solo arenoso e clima quente no Maranhão, em solos arenosos e argilosos em clima subtropical e com inverno rigoroso, em Santa Catarina. Nos solos arenosos do Maranhão e de Santa Catarina, a bactéria desenvolveu-se bem, resultando em supressividade do solo, ao passo que em solos com maior teor de argila, em Santa Catarina, a supressividade não ocorreu com a mesma intensidade (Quadros 1, 2 e 3).

O clima quente do Maranhão contribuiu para o rápido desenvolvimento de solo supressivo, em dois anos, ao passo que em Santa Catarina, com temperaturas baixas no outono e no inverno, o desenvolvimento da supressividade deu-se de forma mais lenta. Essa diferença climática resultou em diferença na densidade populacional do nematoide no solo das duas localidades, que foi alta durante o ano todo no Maranhão e apresentou picos de alta no final do cultivo do fumo em Santa Catarina, apenas uma vez por ano, caindo drasticamente no inverno. Como *P. penetrans* depende do encontro de seus endósporos com os J2 no solo para se aderir e se multiplicar, o desenvolvimento da supressividade, re-

QUADRO 1 - Supressividade por *Pasteuria penetrans* (*Pp*) em solo de campo cultivado com jaborandi e infestado com *Meloidogyne javanica* em Barra do Corda, MA

Ano da avaliação	Número de galhas			Número de ovos		
	Solo autoclavado (<i>Pp</i> inativada)	Solo não autoclavado (<i>Pp</i> ativa)	Redução (%)	Solo autoclavado (<i>Pp</i> inativada)	Solo não autoclavado (<i>Pp</i> ativa)	Redução (%)
1999	34,5	13,6	60,6	1412,0	146,0	89,7
2000	213,0	87,2	59,1	4798,0	975,1	79,7
2002	196,7	34,8	82,3	4020,0	310,8	92,3
2004	383,1	163,9	57,2	3962,3	1211,9	69,4

FONTE: Freitas et al. (2009).

NOTA: As médias de tratamento na mesma linha e dentro das colunas de número de galhas ou de número de ovos diferem entre si pelo teste F a 1% de probabilidade, em todos os anos de realização de biotestes.

QUADRO 2 - Composição textural dos solos das propriedades em Santa Catarina nas quais *Pasteuria penetrans* foi aplicada

Propriedade	Areia grossa (dag/kg)	Areia fina (dag/kg)	Silte (dag/kg)	Argila (dag/kg)
A	50	42	3	5
B	23	70	1	6
C	13	41	28	18
D	26	43	12	19

FONTE: Freitas et al. (2009).

QUADRO 3 - Redução do número de ovos de *Meloidogyne javanica* e de galhas em raízes de tomate por sistema radicular em bioteste de supressividade de solo de campo de Santa Catarina, por *Pasteuria penetrans*

Propriedade	Redução do número de ovos/ sistema radicular (%)		Redução do número de galhas/ sistema radicular (%)	
	2006	2007	2006	2007
A	35,1	76,1	30,5	61,7
B	29,5	96,4	49,2	82,7
C	15,3	14,2	34,6	21,8
D	73,4	20,4	43,5	24,4

FONTE: Freitas et al. (2009).

sultante da concentração alta de esporos, só ocorre em solos altamente infestados pelo nematoide hospedeiro. Assim, todas as condições que favoreçam o desenvolvimento do nematoide são importantes para a reprodução da bactéria.

A pequena queda do nível de supressão observada no último bioteste com solo do Maranhão deve-se a uma redução da

concentração de endósporos, após a quase extinção do nematoide no solo (Quadro 1). Endósporos de *P. penetrans* podem ser lixiviados em solos arenosos por água de chuva ou de irrigação, atingindo camadas mais fundas do solo, onde não se encontram os nematoides. Como *M. javanica* não voltou a ser problema nas áreas irrigadas, onde *P. penetrans* foi aplicada no Maranhão, acre-

dita-se que as populações do nematoide e da bactéria antagonista entraram em equilíbrio, com população residual de ambos no solo. A presença da bactéria em condições tão favoráveis ao seu desenvolvimento possivelmente seja suficiente para impedir a elevação da população do nematoide-das-galhas acima do nível de dano, como ocorria antes da aplicação de *P. penetrans*. Segundo Stirling (1991), existem duas estratégias de aplicação de *P. penetrans* no campo para o controle do nematoide-das-galhas. A forma inundativa consiste em aplicações frequentes e em grande número de endósporos para reduzir a população de nematoides de forma direta e imediata. Entretanto, como não há produção satisfatória dessa bactéria *in vitro*, sua multiplicação ocorre *in vivo* em tomates inoculados com juvenis, contendo endósporos aderidos, em casa de vegetação. Esta produção massal é lenta e laboriosa, resultando em pouco inóculo da bactéria. Portanto, *P. penetrans* tem sido aplicada de forma inoculativa em experimentos de campo, isto é, poucos endósporos da bactéria são aplicados em suspensão sobre o solo ao redor dos sistemas radiculares e ocorre a multiplicação da bactéria na população de nematoides, infestando o solo. Mesmo densidades baixas de endósporos no solo podem aumentar, em condições ideais, ao ponto de tornar o solo supressivo ao nematoide. Isso viabiliza a utilização dessa bactéria em programas de controle biológico, onde as condições edafoclimáticas são favoráveis, mesmo sem o domínio da produção *in vitro* da bactéria.

BACTÉRIAS NÃO PARASÍTICAS

Rizobactérias

As rizobactérias destacam-se como microrganismos utilizados no controle biológico de fitopatógenos, incluindo os nematoides. Essas bactérias têm a rizosfera e o rizoplasma das plantas como sítios preferenciais para sua multiplicação e sobrevivência (FABRY, 2006). De acordo com Kloepper et al. (1990), as rizobactérias que desempenham efeitos benéficos nas plantas, promo-

vendo seu crescimento e/ou protegendo-as contra fitopatógenos, são nomeadas de *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR), termo em inglês para Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas. A maioria delas pertence aos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*, os quais apresentam a capacidade de colonizar raízes de plantas e estimular seu crescimento (KLOEPPER et al., 1990; FABRY, 2006).

A produção de inoculantes de baixo custo com PGPR é uma alternativa para diminuir os riscos ambientais causados pela utilização inadequada de insumos e agrotóxicos, aumentar a produção agrícola, tornar os produtos agrícolas mais competitivos e diferenciados e, ainda, diminuir os custos para o produtor (COELHO et al., 2007). Além de não causar impacto ambiental, o uso dessas bactérias no controle de fitonematóides oferece maior segurança para aplicadores e consumidores, o que se caracteriza como mais um ponto positivo em sua adoção pelos agricultores.

Pouco se sabe a respeito dos mecanismos de ação das rizobactérias sobre os fitonematóides. Presume-se que envolvam a produção de toxinas e antibióticos que inibem a eclosão e a mobilidade dos juvenis de segundo estágio, reduzindo a invasão dos nematóides nas raízes das plantas. Outro modo de ação sugerido está relacionado com a modificação dos exsudatos radiculares da planta, fazendo com que não sejam reconhecidos pelos nematóides e deixem de estimular a eclosão e a atração de juvenis e o reconhecimento do hospedeiro. Além disso, as rizobactérias podem ser capazes de ativar mecanismos de defesa das plantas por meio da indução de resistência sistêmica (OOSTENDORP; SIKORA, 1990).

Fabry (2006) testou a bactéria *Rhizobium etli* isolado G12, obtida da rizosfera de plantas de batata, visando à indução de resistência sistêmica contra *M. javanica* em plantas de tomate. O isolado não promoveu o crescimento das plantas, mas os números de galhas e de ovos por sistema radicular foram reduzidos em 35,3% e 38,8%, respectivamente, em relação ao

tratamento sem inoculação com *R. etli*. Para comprovar a indução de resistência sistêmica pela bactéria, Fabry (2006) usou a técnica de raiz partida, em que a bactéria estava presente em uma parte separada da raiz e o nematoide em outra parte, em outro recipiente. Com a utilização dessa técnica, ficou claro que a redução do número de galhas e de ovos deveu-se a efeitos indiretos, verificando-se assim, indução de resistência sistêmica pela bactéria na planta.

O efeito das rizobactérias na promoção do crescimento de plantas e no controle de nematóides pode também ser associado ao uso do isolado bacteriano em conjunto com algum tipo de matéria orgânica (MO). A utilização conjunta de húmus e *R. etli* promoveu aumentos significativos no peso da biomassa verde de plantas de tomate, chegando, conforme a dose de húmus utilizada, em aumento de mais de 100% no peso e até 45% na altura das plantas (FABRY, 2006). Nesse trabalho, o autor também observou que a ação conjunta da bactéria com o húmus promoveu reduções significativas no número de galhas de *M. incognita* de até 64%, quando comparadas com o tratamento sem aplicação de húmus. Na ausência de *R. etli*, a incorporação de húmus não reduziu significativamente o número de galhas causadas pelo nematoide. Esse fato comprova que o uso integrado de medidas de manejo, além de aumentar a eficiência de controle de certos patógenos, pode ser capaz de promover o crescimento das plantas, o que não aconteceria com o uso isolado da bactéria ou do húmus. Daí a importância de serem adotadas medidas de manejo integrado para a condução das culturas, o que faz com que os defensivos agrícolas sejam utilizados de maneira mais racional.

Bactérias endofíticas

As bactérias endofíticas colonizam o interior das raízes, promovendo proteção contra microrganismos fitopatogênicos sem causar nenhum dano à planta (KLOEPPER et al., 1992). Uma das vantagens em relação às rizobactérias é que as bactérias

endofíticas podem ter efeito antagônico a nematóides sedentários, quando estes já se estabeleceram nos tecidos do hospedeiro e induziram seus sítios de alimentação (CAMPOS et al., 1998).

Segundo Naves et al. (2000), alguns isolados de bactérias endofíticas têm capacidade comprovada de afetar a mobilidade de juvenis de *M. javanica*, chegando a causar alta mortalidade desses juvenis *in vitro*. No trabalho realizado por esses autores, dos 40 isolados de bactérias endofíticas obtidos, sete imobilizaram os juvenis por 24 horas e provocaram porcentagem de mortalidade semelhante à do nematicida Aldicarb. Os mesmos isolados também inibiram de forma eficiente a eclosão de juvenis e dois dos isolados provocaram a morte de mais de 90% dos juvenis.

Plantas de tomate tratadas com bactérias endofíticas isoladas de mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) reduziram o número de ovos do nematoide *M. incognita* em até 92% e o número de galhas em até 52%, em relação às plantas não tratadas com bactérias (TOMÉ et al., 2000). Além de serem eficientes no controle de nematóides, algumas dessas bactérias promoveram aumento de até 79% na altura e 43%, no peso total das plantas, quando comparadas àquelas sem o tratamento com bactérias.

Neves et al. (2000) observaram que algumas bactérias endofíticas eficientes no controle de bactérias e fungos fitopatogênicos também foram eficientes no controle de nematóides do gênero *Meloidogyne*. Esse fato é interessante, pois uma das características desejáveis de um bom agente de controle é a ação sobre vários fitopatógenos, o que justifica o uso dessas bactérias pelos agricultores, já que na maioria das vezes, na natureza, as plantas são atacadas por ampla gama de fitopatógenos ao mesmo tempo.

FUNGOS ANTAGONISTAS

Os fungos são importantes inimigos naturais dos nematóides em condições de campo e apresentam potencial de uso em programas de controle biológico (CHEN;

DICKSON, 2004). Diversos gêneros de fungos podem-se alimentar de nematoides, adotando diferentes estratégias de ação, o que permite, segundo Stirling (1991) e Chen e Dickson (2004), agrupá-los em:

- a) endoparasitas;
- b) predadores;
- c) parasitas de ovos e fêmeas;
- d) produtores de metabólitos tóxicos.

Os fungos endoparasitas produzem esporos móveis (zoósporos) que se aderem à cutícula do nematoide hospedeiro. O esporo germina e emite hifas que atravessam a cutícula do nematoide e usam o conteúdo pseudocelomático para sua nutrição. Após utilizar a fonte de alimento, conídios do fungo são produzidos e liberados no meio externo, quando se aderem novamente a outros nematoides. A maioria dos fungos endoparasitas depende do parasitismo de nematoides e apresenta fase saprofítica limitada. Além disso, não produzem quase nenhum micélio no solo e completam seu ciclo no interior do corpo do nematoide, não desenvolvendo hifas externamente ao nematoide parasitado. *Hirsutella rhossiliensis*, *Catenaria auxiliaris*, *Nematophthora gynophila*, *Drechmeria coniospora*, *Nematoctonus* spp., *Acrostalagmus* spp., *Harposporium* spp., *Myzocyttium* spp. e *Haptoglossa* spp. são exemplos de fungos endoparasitas estudados no controle biológico de nematoides (STIRLING, 1991; SIDDIQUI; MAHMOOD, 1996; CHEN; DICKSON, 2004).

O potencial de uso de fungos endoparasitas em programas de controle biológico é limitado, de acordo com Siddiqui e Mahmood (1996), pelos seguintes fatores:

- a) a locomoção e a atividade dos zoósporos dependem da presença de água no solo;
- b) crescimento limitado em meio de cultura, o que dificulta a produção massal;
- c) baixa habilidade de sobrevivência saprofítica;
- d) suscetibilidade de seus esporos ao efeito micostático.

Os fungos predadores produzem estruturas especializadas de captura ao longo de suas hifas, conhecidas como armadilhas (FERRAZ; SANTOS, 1995). Essas armadilhas apresentam características particulares, conforme a espécie de fungo, segundo Stirling (1991), podendo ser:

- a) hifas adesivas não modificadas;
- b) hifas adesivas tridimensionais;
- c) nódulos adesivos;
- d) anéis constritores;
- e) anéis não constritores.

Os principais gêneros de fungos predadores são *Monacrosporium* e *Arthrobotrys*. Esses fungos permanecem no solo mesmo na ausência do nematoide, apresentam pouca especificidade pelo nematoide-alvo e são facilmente produzidos em meio de cultura. A formação de armadilhas é frequentemente induzida pela presença dos nematoides.

Os resultados da utilização de fungos predadores para o controle de fitonematoides têm sido muito variáveis ou inconclusivos (SIDDIQUI; MAHMOOD, 1996). Por exemplo, na década de 70 foi lançado na França um produto à base de *Arthrobotrys superba* (Royal 350®), para controle de nematoides em tomateiro (Quadro 4). No entanto, o desempenho do produto em diferentes áreas de cultivo foi inconsistente (STIRLING, 1991). Tal comportamento deve-se ao fato de que nem sempre a época de maior atividade das armadilhas coincide com a época em que os estádios infectivos dos nematoides endoparasitas sedentários estão presentes no solo, como *Meloidogyne* e *Heterodera* (SIDDIQUI; MAHMOOD, 1996). A partir do momento em que os nematoides penetram nas raízes da planta hospedeira, ficam protegidos do parasitismo dos fungos predadores e, dessa forma, os antagonistas devem esperar pela eclosão de novos juvenis. Além disso, esses fungos apresentam competência saprofítica limitada, são suscetíveis ao antagonismo de outros fungos de solo e dependentes da presença de MO no solo (STIRLING, 1991), o que pode aumentar

a germinação dos esporos, o crescimento micelial, a atividade predatória do fungo e ainda favorecer a competição desses fungos com os demais organismos do solo. Para ocorrer a predação, é necessário que haja o crescimento micelial e a formação de armadilhas. Os dois processos requerem energia que pode ser suprida por carboidratos presentes na MO.

Os fungos parasitas de ovos e fêmeas são um dos grupos que apresentam maior potencial de uso prático (SIDDIQUI; MAHMOOD, 1996; CHEN; DICKSON, 2004), com destaque para *Pochonia chlamydosporia* e *Paecilomyces lilacinus*. Esses fungos colonizam fêmeas e ovos de nematoides, principalmente *Meloidogyne* spp. e *Heterodera* spp., não exercendo parasitismo sobre as formas móveis dos nematoides.

Paecilomyces lilacinus é primariamente saprófita e cresce em vários substratos presentes no solo. A colonização de ovos, após o crescimento micelial na massa de ovos, pode ocorrer por simples penetração por meio da cutícula dos ovos, por hifas individuais, em função de atividade enzimática ou pressão mecânica. O fungo dissemina-se rapidamente em solos agricultáveis, tornando-se, em curto tempo, a espécie dominante onde é aplicado. Esse antagonista tem sido muito explorado no controle de nematoides, não apenas em pesquisas, mas também comercialmente, na forma de bionematicidas (Quadro 4). No entanto, a possibilidade de *P. lilacinus* causar infecções em humanos (STIRLING, 1991) tem limitado o registro de bioprodutos à base desse fungo.

Pochonia chlamydosporia produz clamidósporos, estruturas de resistência que favorecem sua sobrevivência no solo, mesmo na ausência de nematoides. Tais estruturas facilitam a produção de inóculo e a formulação de produtos. Esse fungo foi um dos principais responsáveis pelo declínio natural da população do nematoide-do-cisto dos cereais, *Heterodera avenae* Woll., em monocultura de cereais na Inglaterra (KERRY et al., 1982 apud STIRLING,

1991). Em razão dos resultados animadores, que envolvem *P. chlamydosporia*, algumas formulações com o fungo têm sido desenvolvidas em todo o mundo (Quadro 4), inclusive no Brasil.

Os fungos produtores de metabólitos tóxicos, representados pelos gêneros *Aspergillus*, *Pleurotus*, *Penicillium*, *Trichoderma* e *Myrothecium* demandam mais estudos sobre o efeito das possíveis substâncias tóxicas que produzem, para o controle de nematoides. *Trichoderma*, por exemplo, é um agente conhecido de controle biológico de fungos fitopatogênicos, mas poucas pesquisas foram realizadas sobre a sua ação no manejo de nematoides. A prospecção por substâncias nematicidas produzidas por fungos é uma abordagem que deve ser encorajada e que pode resultar em produtos eficientes e menos tóxicos. Atualmente, existe um produto no mercado que tem como base o produto da fermentação de *Myrothecium verrucaria* (Quadro 4).

A aplicação de fungos nematófagos pode ser uma estratégia interessante no manejo de nematoides, principalmente quando associada a outros métodos de controle, como a adição de MO, a rotação de culturas e o uso de variedades resistentes.

DESENVOLVIMENTO DE NEMATICIDA BIOLÓGICO NO BRASIL COM BASE NO FUNGO POCHONIA CHLAMYDOSPORIA

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Ali-

mentação – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), até 2050 o mundo deverá dobrar a produção para alimentar uma população de 9 bilhões de pessoas. Com disponibilidade de terras agricultáveis, água em abundância, condições de clima favoráveis, domínio da tecnologia de agricultura tropical e agroindústria avançada, o Brasil poderá chegar a 2020 como a principal potência agrícola mundial. O Brasil possui uma das mais avançadas tecnologias para agricultura tropical do mundo. Segundo dados do IBGE (2009), nos últimos 15 anos, a área plantada com grãos no País cresceu 27% e a produção aumentou 142%. Entretanto, essa agricultura altamente tecnificada faz com que o País seja um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, gastando, anualmente, cerca de 2,5 bilhões de dólares. Os nematicidas organofosforados e carbamatos são largamente utilizados no Brasil. A intoxicação crônica (pela exposição periódica) pode-se manifestar com quadros sutis, como distúrbios do comportamento ou até quadros dramáticos de doença do sistema nervoso periférico, a chamada neuropatia tardia. Segundo Soares et al. (2003), foram examinados 1.064 trabalhadores rurais de Minas Gerais e 50% deles estavam moderadamente ou altamente intoxicados (redução de pelo menos 25% da colinesterase) e 1,3% apresentou redução de 50% da colinesterase.

Esse quadro é altamente favorável para a introdução no mercado nacional de nematicidas biológicos, seja para uso em agricultura orgânica, seja em manejo

integrado em conjunto com outras práticas, até mesmo o uso reduzido de nematicidas químicos.

Características de *Pochonia chlamydosporia*

O fungo *P. chlamydosporia* apresenta muitas vantagens como agente de controle biológico. Destacam-se a capacidade de produzir grande número de clamidósporos, o que facilita o estabelecimento do fungo no solo com número escasso de nematoides (Fig. 1), de promover o crescimento da planta (Fig. 2), de não ser patogênico a seres humanos e outros animais e de ser facilmente produzido *in vitro* em substratos sólidos.

Estudos com *P. chlamydosporia* vêm sendo conduzidos nos últimos seis anos no Laboratório de Controle Biológico de Fitonematoides do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Dentre vários isolados testados, um foi selecionado e levado a campo para testes de controle de nematoides em banana, mostrando-se bastante promissor com reduções significativas de populações de *Meloidogyne* spp., *Radopholus similis*, *Helicotylenchus* sp. e *Pratylenchus* sp. no solo.

Aspectos fundamentais para o desenvolvimento do bionematicida

Seleção de isolado efetivo e produtivo

É recomendado que se obtenham amostras de solo e raízes de vários locais

QUADRO 4 - Alguns bionematicidas formulados a partir de fungos antagonistas

Produto	Espécie fúngica	Tipo de fungo	País
Royal 350	<i>Arthrobotrys superba</i>	Predador	França
Biocon	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Parasita de ovos e fêmeas	Filipinas
Soybean Root Bioprotectant	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Parasita de ovos e fêmeas	China
Ditera	<i>Myrothecium verrucaria</i>	Produtor de metabólitos tóxicos	Estados Unidos
NemOut	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Parasita de ovos e fêmeas	Estados Unidos
Klamic	<i>Pochonia chlamydosporia</i>	Parasita de ovos e fêmeas	Cuba

FONTE: Chen e Dickson (2004).

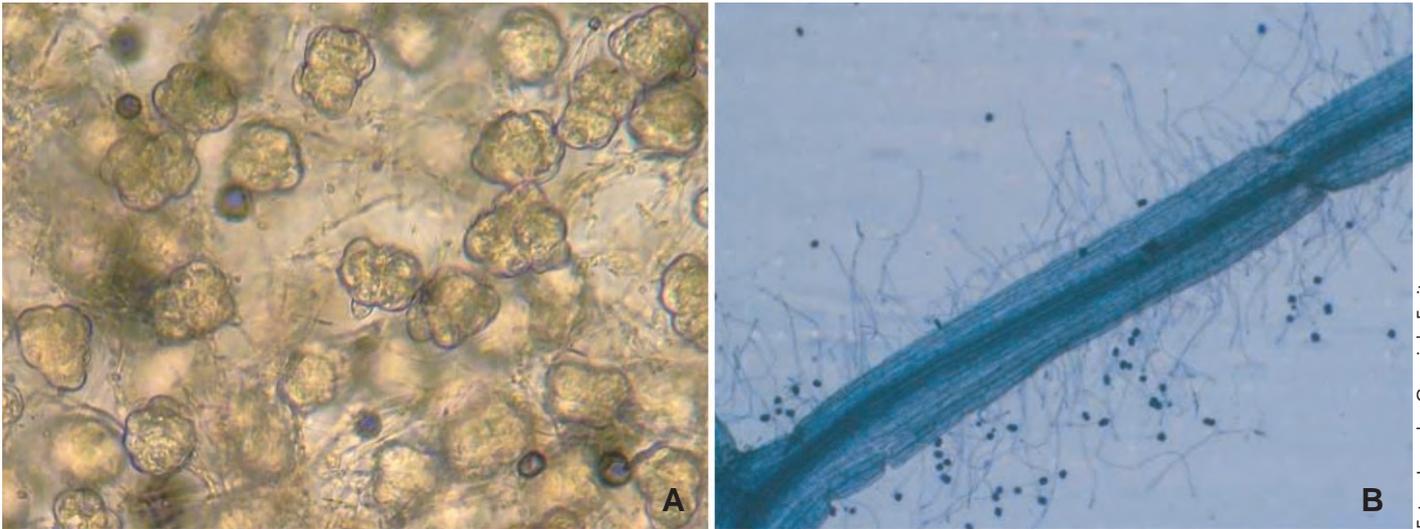


Figura 1 - Clamidósporos produzidos por *Pochonia chlamydosporia*

NOTA: A - Clamidósporos de *P. chlamydosporia* var. *chlamydosporia* após crescimento por 21 dias a 25°C; B - Fungo colonizando raiz de tomateiro e produzindo grande quantidade de clamidósporos na rizosfera.

Fotos: Leandro Grassi de Freitas



Figura 2 - Efeito de promoção de crescimento em plântulas de tomate sobre fibra de coco

NOTA: Os quatro tubos de ensaio da esquerda receberam suspensão do fungo *Pochonia chlamydosporia* e os quatro tubos da direita receberam apenas água. As oito plântulas têm a mesma idade.

Leandro Grassi de Freitas

de regiões onde o nematoide-alvo está presente, causando danos, e se recuperem muitos isolados de *P. chlamydosporia* de massas de ovos e do solo. Quanto mais isolados forem obtidos, maior a chance de encontrar um agente efetivo. Primeiramente, deve-se fazer uma seleção em casa de vegetação dos isolados com maior capacidade de reduzir galhas e ovos, no caso de

Meloidogyne spp., ou reduzir a população de outros nematoides-alvo. Os isolados mais eficientes devem ser avaliados quanto à produção de clamidósporos e quanto à capacidade de colonização radicular.

Estabelecimento no solo e viabilidade

Um bom agente de controle biológico

tem que ser capaz de se estabelecer no solo, na região das raízes das plantas e competir com a microbiota nativa. Para isso, o fungo deve ser capaz de crescer na escassez de nutrientes, como a MO. A produção de estruturas de resistência também contribui para a sobrevivência em períodos de estresse hídrico, de temperatura e de nutrientes.

Colonização da rizosfera

O crescimento do fungo, utilizando açúcares das células das plantas, é importante para o seu estabelecimento no solo. O crescimento endofítico protege ainda mais o fungo contra competidores na rizosfera. Entretanto, é fundamental que essa colonização não traga prejuízo à planta. *P. chlamydosporia* degrada MO no solo e disponibiliza nutrientes para a planta, trazendo mais benefícios que prejuízos, à semelhança de fungos micorrízicos.

Capacidade competitiva

O fungo deve ter crescimento rápido no solo para sobrepor o crescimento de competidores ou fazer uso de outras fontes de nutrientes que os competidores não fazem.

Confiabilidade

O fungo deve ser capaz de manter sua patogenicidade, isto é, ser estável, para que o produto atue sempre que aplicado no solo.

Espectro de atividade

O agente de controle biológico não deve ter alta especificidade quanto ao hospedeiro, ao atuar sobre vários nematoides.

Custo de produção

Para que um produto de controle biológico seja viável, economicamente, seu custo de produção não pode ser muito alto, sob risco de o preço final ficar muito maior do que o de concorrentes, fazendo com que os agricultores simplesmente percam o interesse. Dessa forma, para ser multiplicado em larga escala, o agente não deve requerer meios complexos ou equipamentos muito sofisticados.

Modo de ação

Fungos predadores desenvolvem armadilhas que capturam todo tipo de nematoide, inclusive os benéficos para o ecossistema, como os bacteriófagos, fungívoros e onívoros. Nematoides fitoparasitas ectoparasitas são mais bem controlados por esses fungos, já que os endoparasitas passam apenas uma pequena parcela do seu ciclo de vida no solo, como é o caso de *Meloidogyne* spp. e *Heterodera glycines*, vulneráveis apenas na fase de J2, isto é, entre o período que o nematoide sai do ovo e entra na raiz. Se os fungos predadores não tiverem as armadilhas nesse momento, os nematoides não serão capturados. Já os fungos parasitas de ovos e fêmeas predam grande quantidade de ovos na massa ou no interior do cisto, eliminando grande número de nematoides de uma só vez.

Adaptação a condições variadas de solo e clima

Quanto maior for a capacidade de adaptação do agente de controle em diferentes ecossistemas, mais sucesso terá no campo. *Pasteuria penetrans*, por exemplo, não se desenvolve bem em solos argilosos e clima frio. A colonização de raízes e produção de clamidósporos dá a *P. chlamydosporia* maior capacidade de adaptação.

Conhecimento dos requerimentos do agente

Entender as condições nutricionais e ambientais ideais para o desenvolvimento do agente no solo possibilita que sejam adicionados coadjuvantes para melhor desempenho no campo. Exemplo disso é comercializar fungos em conjunto com MO específica, que promova o desenvolvimento desses fungos no solo e varie, conforme a espécie de fungo.

Demanda de grande volume de produção

O processo de produção do agente de biocontrole deve ser eficiente em reduzir custos e possibilitar uma produção que satisfaça a grande demanda da agricultura por esse tipo de produto. Lançá-lo no mercado e não ter capacidade de cobrir a demanda é negativo para a imagem deste produto e os agricultores passam a comprar outras marcas.

Imagem do produto

Produtos de controle biológico têm boa imagem perante a sociedade. Contudo, a falta de cuidado na seleção e a produção de agentes de controle biológico não submetidos a controle de qualidade e comercializados sem registro podem resultar em produtos comerciais não efetivos e até em produtos que venham a causar irritações ou infecções em seres humanos. Isso pode contribuir para prejudicar a imagem de produtos de controle biológico em geral, fechando o mercado para produtos de empresas sérias.

Formulação e forma de aplicação

A escolha do tipo de formulação depende do organismo a ser utilizado. Geralmente, pó-molhável é indicado para bactérias. Grãos colonizados são utilizados no caso de fungos a serem incorporados no solo, por causa dos nutrientes que permitirão a rápida colonização. Se a aplicação do fungo for via água de irrigação, as formulações utilizadas são a suspensão aquosa de conídios ou o pó de clamidósporos a ser misturado na água na hora da aplicação. Se a formulação não for líquida, o produto deve ser seco e embalado a vácuo, para aumentar a vida de prateleira.

Patente

A patente é a proteção do produto contra cópias por concorrentes. Entretanto, como a tecnologia de produção fica disponível ao público, muitas vezes os concorrentes aproveitam para fazer pequenas modificações na fórmula original e produzir cópias melhoradas do produto. Portanto, a patente deve ser muito bem escrita, sob risco de acabar prejudicando a empresa fabricante do produto biológico.

Registro do produto

O registro é, atualmente, o grande gargalo para o desenvolvimento de um produto de controle biológico. Para ser obtido, o produto tem que ser aprovado em testes pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Esses testes comprovam a eficiência agrônômica em experimentos de campo em várias localidades e a inocuidade a mamíferos e ao meio ambiente. São testes caros, mas que certificam que o produto é seguro para uso. O registro definitivo serve apenas para um nematoide-alvo e para uma cultura específica. A obtenção do registro leva de dois a três anos e custa de 200 a 300 mil reais.

Testes de validação no campo

Os testes para a obtenção do registro só podem ser realizados após a obtenção do Registro Especial Temporário (RET). Nenhuma pesquisa antes do RET tem validade para a obtenção do registro. Termos de anuência têm que ser concedidos pelas propriedades agrícolas, onde os testes serão realizados. Existem normas específicas do MAPA para a condução desses testes.

Produtos comerciais à base de *P. chlamydosporia*

O fungo *P. chlamydosporia* já é comercializado em Cuba com o nome KlamiC. Em Portugal, a iniciativa privada e a Universidade de Évora fundaram a Clamitec, uma empresa de base biotecnológica que funciona no Laboratório de Micologia Aplicada, desde julho de 2008, e produz esse fungo em fermentação líquida com microfiltração e separação de clamidósporos. No Brasil, mais especificamente em Viçosa, a Rizoflora Biotecnologia S.A. produz *P. chlamydosporia* em fermentação bifásica para a validação no campo. Assim que o registro do produto comercial for concedido pelo MAPA, Anvisa e Ibama, poderá ser comercializado e será uma ferramenta importante no manejo integrado de fitonematóides em várias culturas.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS

CAMPOS, V.P.; SOUZA, J.T.; SOUZA, R.M. Controle de fitonematóides por meio de bactérias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.6, p.285-327, 1998.

CHEN, S.; DICKINSON, D.W. Biological control of nematodes by fungal antagonists. In: CHEN, Z.X.; CHEN, S.Y.; DICKSON, D.W. (Ed.). **Nematology – advances and perspectives: nematode management and**

utilization. Wallingford: CAB International, 2004. v.2, p.979-1039.

COELHO, L.F.; FREITAS, S. dos S.; MELO, A.M.T. de; AMBROSANO, G.M.B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.31, n.6, p.1413-1420, nov./dez. 2007.

FABRY, C.F.S. **Indução de resistência ao nematóide das galhas (*Meloidogyne* spp.) em tomateiro por rizobactérias**. 2006. 73f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERRAZ, S.; SANTOS, M.A. Controle biológico de fitonematóides pelo uso de fungos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.3, p.283-314, 1995.

FREITAS, L.G.; CARNEIRO, R.M.D.G. Controle biológico de nematóides por *Pasteuria* spp. In: MELO, I.S. (Ed.). **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.197-216.

_____; PODESTÁ, G.S.; FERRAZ S.; COUTINHO, M.M. Supressividade de solo a *Meloidogyne* spp. por *Pasteuria penetrans* nos estados do Maranhão e Santa Catarina. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente: FUNDAG, 2009. p.147-166.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, [2009]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em: 18 jun. 2009.

KERRY, B.R. An assessment of progress toward microbial control of plant-parasitic nematodes. **Journal of Nematology**, College Park, v.22, p.621-631, Oct. 1990. Supplement 4S.

_____. Fungi as biological control agents for plant parasitic nematodes. In: WHIPPS, J.J.; LUMSDEN, R.D. (Ed.). **Biotechnology of fungi for improving plant growth**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p.153-170.

KLOEPPER, J.W.; SCHIPPERS, B.; BAKKER, P.A.H.M. Proposed elimination of term endorhizosphere. **Phytopathology**, St. Paul, v.82, p.726-727, 1992.

_____; ZABLOTOWICZ, R.M.; LIFSHITZ, R. Plant growth-promoting mediated by rhizosphere colonizers. In: KEISTER, D.L.; CREGAN, P.B. (Ed.). **The rhizosphere and plant growth**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1990. p.315-326.

NAVES, R.L.; CAMPOS, V.P.; SOUZA, R.M. Efeito de isolados de bactérias endofíticas na motilidade, mortalidade e eclosão de juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne javanica*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, p.339, ago. 2000. Suplemento.

NEVES, W.S.; FREITAS, L.G.; ROMEIRO, R.S.; SILVA, H.S.A. Controle de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* em tomateiro por bactérias endofíticas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, p.339, ago. 2000. Suplemento.

OOSTENDORP, M.; SIKORA, R.A. *In vitro* interrelationships between rhizosphere bacteria and *Heterodera schachtii*. **Revue de Nématologie**, Bondy, v.13, n.3, p.269-274, 1990.

SASSER, J.N.; FRECKMAN, D.W. A world perspective on nematology: the role of the society. In: VEECH, J.A.; D.W. DICKSON (Ed.). **Vistas on nematology: a commemoration of the twenty – fifth anniversary of the Society of Nematologists**. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. p.7-14.

SIDDIQUI, Z.A.; MAHMOOD, I. Biological control of plant parasitic nematodes by fungi: a review. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v.58, n.3, p.229-239, Dec. 1996.

SOARES, W.; ALMEIDA R.M.; MORO, S. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.19, p.309-313, 2003.

STIRLING, G.R. **Biological control of plant parasitic nematodes: progress, problems and prospects**. Wallingford: CAB International, 1991. 282p.

_____; WACHTEL, M.F. Mass production of *Bacillus penetrans* for the biological control of root-knot nematodes. **Nematologica**, Amsterdam, v.26, p.308-312, 1980.

TOMÉ, L.G.O.; FREITAS, L.G.; NEVES, W.S.; DIAS, C.R. Efeito de bactérias endofíticas de mucuna preta (*Mucuna pruriens* var. *pruriens*) em *Meloidogyne incognita* infectando tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, p.341, ago. 2000. Suplemento.

Controle biológico de plantas invasoras

Robert Weingart Barreto¹

Resumo - Plantas invasoras nativas ou exóticas representam uma das maiores ameaças à biodiversidade global, além de causarem prejuízos graves a diversos agroecossistemas no Brasil e no mundo. Apresentam-se diferentes estratégias de controle biológico de plantas invasoras, com vários exemplos de sucesso de introdução de inimigos naturais e de desenvolvimento de produtos à base de agentes bio-herbicidas.

Palavras-chave: Planta daninha. Controle alternativo. Biocontrole. Produto biológico. Bio-herbicida.

INTRODUÇÃO

Plantas da flora mundial assumem o *status* de invasoras ou daninhas em função de circunstâncias diversas. Apesar dos atributos especiais que tornam cada uma delas espécie nociva (competição com culturas; suplantação da flora nativa; crescimento rápido em ambientes aquáticos; produção de toxinas, de pólen alergênico, de pelos urticantes, de espinhos ou carrapichos etc.), sua nocividade é sempre desencadeada por desequilíbrios ambientais provocados pela atividade humana. Em ecossistemas naturais, que não sofreram interferência humana, não se reconhece a nocividade de qualquer componente da flora. No entanto, a alteração de ambientes aquáticos e terrestres pelo homem e também o transporte e a introdução de plantas exóticas geram condições que favorecem a expansão populacional elevada de determinadas espécies vegetais que podem passar a ser reconhecidas como daninhas.

Em muitas partes do planeta, plantas que foram introduzidas em novas áreas acidentalmente ou deliberadamente (como fonte de alimento para o homem ou animais domésticos, fibras, madeira, para fins ornamentais ou outros) naturalizaram-se e formaram populações espontâneas. Em

muitos casos, livres de seus inimigos naturais, tornaram-se competidoras agressivas em ecossistemas nativos. Esse processo é chamado contaminação biológica. Há registros crescentes de invasões produzindo graves impactos ambientais e/ou econômicos. Essas invasões representam hoje uma das maiores ameaças à biodiversidade global. Prejuízos graves são causados também por espécies de plantas nativas ou exóticas em ecossistemas alterados pelo homem. Desde o surgimento da agricultura, a humanidade dedica esforços e recursos para garantir a produtividade das culturas agrícolas perante a competição com plantas daninhas. Assim como no caso das invasões de ecossistemas naturais por espécies exóticas, em que o desequilíbrio é provocado pela interferência humana, na forma de introdução de espécies vegetais exóticas, na agricultura surge também pela interferência humana na substituição de formações vegetais nativas por monoculturas e pelas práticas culturais que alteram a disponibilidade de luz e a umidade e fertilidade dos solos em favor das plantas cultivadas, mas favorecendo outras espécies de plantas, consideradas, então, invasoras de culturas. As plantas daninhas também causam problemas importantes em

ecossistemas aquáticos. Nestes, a alteração do regime hídrico pela construção de barragens, sistemas de irrigação e drenagem e alteração dos níveis de fertilidade da água pelos despejos de esgoto e resíduos de fertilizantes e outros produtos levam comumente ao crescimento populacional explosivo de determinadas espécies vegetais. Em suma, todos os problemas com plantas daninhas, que afetam ou não diretamente os interesses da humanidade, têm alguma forma de atividade humana como causa original.

Em agroecossistemas, os prejuízos econômicos causados pelas plantas invasoras são significativos, mas, assim como no caso de invasões de ecossistemas, difíceis de quantificar. Uma medida indireta da importância econômica das plantas invasoras é fornecida pelos valores de vendas vultosos de herbicidas. Em 2001, cerca de 2,6 bilhões de dólares foram gastos, apenas nos Estados Unidos, com herbicidas, representando 58% do total de vendas de pesticidas naquele país (KIELY et al., 2004). O uso generalizado de herbicidas como ferramenta de controle de plantas invasoras em todo o mundo tornou-se indispensável, mas tem um custo elevado e resulta em graves impactos ambientais. Observa-se

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Prof. Associado.UFV - Dep^o Fitopatologia, CEP 36570-000 Viçosa - MG. Correio eletrônico: rbarreto@ufv.br

também o crescente comprometimento da eficácia de diversas moléculas herbicidas usadas, em função da emergência de populações de plantas daninhas resistentes a esses produtos. Atualmente, existe um registro global de 323 biótipos diferentes, pertencentes a 187 espécies de plantas daninhas, reconhecidos como resistentes a herbicidas (HEAP, 2008). Adicionam-se a esses problemas o custo muito elevado e o crescente do desenvolvimento e o registro de novos herbicidas. Com isso, a atenção de muitos pesquisadores tem-se voltado para a busca de outras possibilidades de manejo, que não ofereçam risco ao meio ambiente, sendo, ao mesmo tempo, técnica e economicamente viáveis. Entre essas possibilidades, destaca-se o controle biológico.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS E SUAS DUAS MODALIDADES

A existência de inimigos naturais na natureza, que atuam como biorreguladores de populações de qualquer espécie, é fato amplamente conhecido. O controle biológico de plantas invasoras sempre envolve a utilização de inimigos naturais da espécie que se pretende controlar. O objetivo não é a erradicação da espécie-alvo, mas a redução da área de distribuição e da densidade populacional e, conseqüentemente, a mitigação do impacto produzido pela espécie-alvo, o restabelecimento do equilíbrio biológico e a redução dos prejuízos causados pela espécie invasora. Os principais grupos de organismos utilizados para essa finalidade são os artrópodes (sobretudo os insetos, existindo também exemplos de utilização de ácaros fitófagos) e os fungos fitopatogênicos. Há também exemplos de utilização de outros grupos de fitopatógenos, como nematoides, bactérias e vírus. Embora para o uso de insetos exista basicamente uma única estratégia (a clássica, descrita a seguir), existem dois métodos principais para o uso de fitopatógenos como agentes de controle biológico de plantas invasoras:

- a) o método clássico ou inoculativo, que envolve a introdução de um inimigo natural de uma planta-alvo, coletado no seu centro de origem e liberado na nova área de distribuição da planta, onde ela, livre de seus inimigos naturais, tenha-se tornado uma invasora. Após a introdução bem-sucedida, o agente se multiplica e se distribui pela área de ocorrência da planta invasora, geralmente sem a necessidade de interferência humana, e ataca a planta-alvo, reduzindo gradativamente a sua população até que o equilíbrio seja alcançado. Em alguns casos, a introdução de apenas um agente é suficiente, para que a planta seja controlada; em outros, diversas introduções de inimigos naturais são necessárias;
- b) o método de bio-herbicida ou inundativo em que tipicamente são utilizados fitopatógenos, principalmente fungos, cujos propágulos são produzidos em massa em condições controladas. Em seguida, esses agentes são formulados e preparados para a comercialização. Seu uso é semelhante ao dos herbicidas químicos. O produto é aplicado diretamente sobre a população da planta invasora, que se pretende controlar, geralmente com o mesmo tipo de equipamento utilizado para a aplicação de pesticidas.

Embora existam diferenças significativas entre a implementação de um programa de controle biológico de plantas daninhas, utilizando artrópodes ou fitopatógenos e entre os métodos clássico e de bio-herbicida, há diversos pontos em comum nessas situações. Usualmente, são incluídas as seguintes etapas na implementação de um programa de controle biológico clássico:

 - a) escolha da planta-alvo (planta invasora que se pretende controlar);
 - b) coleta de informações disponíveis sobre a planta-alvo e seus inimigos naturais;
 - c) levantamento de inimigos naturais presentes em regiões, onde o problema ocorre;
 - d) levantamento de agentes de controle biológico no centro de origem da planta-alvo;
 - e) identificação dos potenciais agentes de controle biológico coletados;
 - f) esclarecimento de aspectos relevantes da biologia dos organismos, inclusive de seus ciclos de vida;
 - g) avaliação do potencial dos organismos encontrados para uso como agente de controle biológico;
 - h) avaliação da especificidade;
 - i) obtenção de autorização para importação do agente de biocontrole e sua introdução;
 - j) importação do agente ou agentes;
 - k) multiplicação em quarentena;
 - l) introdução/liberação;
 - m) avaliação de impacto pós-liberação.

Na escolha da planta-alvo deve-se ter o cuidado de esclarecer, com precisão, a identidade da planta que se pretende controlar e antecipar problemas potenciais com conflitos de interesses. Muitas vezes uma planta indesejável para os agricultores pode ter valor como ornamental, para a apicultura ou produzir frutos comestíveis, por exemplo.

O levantamento de inimigos naturais presentes em regiões onde o problema ocorre pode parecer desnecessário, pois supõe-se que, se uma planta exótica torna-se invasora é porque está totalmente liberada da pressão imposta por inimigos naturais. No entanto, a experiência mostra que, muitas vezes, já existem inimigos naturais na nova área de ocorrência, sendo, no entanto, ineficazes para o controle. Esses levantamentos prévios podem evitar o possível desperdício em introduzir inimigos naturais já presentes na área, onde se pretende controlar a invasão. Um exemplo recente de trabalho feito com esse propósito foi

o levantamento, efetuado no Brasil, de fitopatógenos associados ao lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*), planta originária do Himalaia envolvida na invasão de ecossistemas florestais e várzeas úmidas nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil (SOARES; BARRETO 2008).

O controle biológico clássico é tipicamente conduzido e financiado pelo setor público, pois, quando bem-sucedido, gera diversos benefícios para a sociedade e para o ambiente. Em geral, não há, na estratégia clássica, a geração de um produto comercializável e nem lucro mensurável. Por sua vez, o controle com bio-herbicidas busca o desenvolvimento de um produto com valor comercial a ser produzido em escala industrial para o atendimento do mercado consumidor. Assim, um dos maiores desafios para a implementação do método clássico é a obtenção de recursos para a condução de programas que normalmente são demorados e dispendiosos.

A avaliação da especificidade dos potenciais agentes de controle é considerada uma das pedras fundamentais do controle biológico de plantas invasoras e equivale a uma análise de risco que visa evitar a introdução de um agente de biocontrole em um país ou região que venha a atacar plantas cultivadas ou nativas, que não sejam alvo do programa.

O controle biológico de plantas daninhas tem como base princípios desenvolvidos e refinados por entomologistas ao longo dos últimos 100 anos. O histórico dessa disciplina tem sido ao mesmo tempo impecável em termos de segurança e impressionante em termos de retornos econômicos. Em revisão detalhada, feita recentemente por Barton (2004), de todos os fungos fitopatogênicos introduzidos em programas de controle biológico clássico de plantas daninhas não se encontrou qualquer relato de efeito colateral, ou seja, de ataque de fungo a alguma espécie, além da espécie-alvo. A ampla adoção, desde os anos 70, do protocolo proposto por Wapshere (1974), com o nome de teste

centrífugo-filogenético, contribuiu certamente para a produção desse histórico favorável. Esse teste envolve a exposição inicial da maior variedade possível de plantas dentre as mais intimamente aparentadas com a espécie-alvo (variedades da mesma espécie da planta-alvo e espécies do mesmo gênero) ao agente de biocontrole em potencial. Em sequência organizada, inclui-se na lista um número decrescente de espécies adicionais pertencentes a grupos taxonômicos cada vez menos afins aos da planta-alvo (espécies da mesma tribo, espécies de gêneros da mesma família, espécies pertencentes a famílias da mesma ordem da planta-alvo), incluindo-se, finalmente, plantas-salv guarda (espécies cultivadas relevantes para o país, onde se pretende introduzir o agente, espécies de plantas relatadas como hospedeiras do agente de biocontrole ou de organismos com proximidade filogenética ao agente). A composição e o tamanho da lista final de espécies de plantas a serem incluídas no teste dependem da família botânica que pertence a planta-alvo e das exigências das autoridades envolvidas em quarentena vegetal e da área ambiental do país, onde se pretende introduzir o agente. Assim, quando a planta-alvo é de uma família botânica grande e inclui muitas espécies de importância agrícola, como Asteraceae, Fabaceae ou Poaceae, a lista de plantas a ser testada será necessariamente grande. Os testes são conduzidos com a exposição/inoculação das plantas-teste ao agente e a observação se há sobrevivência e multiplicação (artrópodes) ou reprodução da doença (patógenos) nas plantas-teste. De forma geral, os agentes que se mostram inespecíficos são rejeitados, enquanto que os específicos são considerados apropriados para fins de introdução.

Várias etapas e cuidados básicos relativos aos programas de controle biológico clássico repetem-se no caso de desenvolvimento de bio-herbicidas. Neste caso, existem algumas particularidades apresentadas a seguir:

- a) as plantas-alvo escolhidas são as que causam prejuízos significativos em atividades econômicas (agricultura, pecuária, hidrovias, sistemas de irrigação, geração de energia hidroelétrica etc.) e para as quais não existe método viável de controle disponível. Exemplos são as plantas para as quais não existem herbicidas químicos registrados ou eficientes (plantas resistentes a herbicidas) e o controle de macrófitas aquáticas em geral;
- b) como os bio-herbicidas, usualmente, têm como alvo plantas nativas, a busca por agentes de biocontrole é, em geral, conduzida na própria região, onde ocorrem os problemas com infestações. Patógenos endêmicos preexistentes e ineficientes em controlar a planta-alvo em condições naturais são aproveitados para o desenvolvimento de produtos e o seu impacto é otimizado pela aplicação em massa de propágulos adequadamente formulados. As plantas da população-alvo, ao serem expostas a uma quantidade de inóculo muito superior à usualmente encontrada na natureza, sofrem efeitos semelhantes aos produzidos pela aplicação de um herbicida;
- c) embora a estratégia de bio-herbicida vise o desenvolvimento de produtos, que podem ser patenteados, registrados, produzidos industrialmente e comercializados, gerando lucro, ainda não existe uma cultura empresarial para essa abordagem. Assim, o apoio para as pesquisas pioneiras ainda depende predominantemente de recursos públicos;
- d) na estratégia de bio-herbicida a preferência é dada aos patógenos passíveis de isolamento e cultivo em meio de cultura, pois são os únicos viáveis para a produção massal;

- e) embora também seja necessário conhecer o nível de especificidade de um organismo a ser utilizado como bio-herbicida, há a possibilidade de utilizar patógenos com um leque de hospedeiros mais amplo. Afinal, a maior parte dos herbicidas químicos tem um leque amplo de espécies suscetíveis. Basta, portanto, que a utilização de um bio-herbicida seja amparada por estudos prévios que indiquem em quais culturas poderá ser utilizado e os cuidados necessários com culturas suscetíveis na vizinhança ou que venham a ocupar a mesma área, posteriormente;
- f) aspectos adicionais devem ainda ser considerados, quando se estuda um patógeno com a finalidade de desenvolvimento de um bio-herbicida. De modo geral, devem ser determinadas as condições exigidas pelo organismo para crescimento, esporulação, estabelecimento de infecção e produção de doença em níveis de severidade adequados para o controle da planta daninha. Investiga-se também a compatibilidade do bio-herbicida com herbicidas e adjuvantes, testam-se formulações e avalia-se a viabilidade do patógeno durante o armazenamento. Além disso, há, necessariamente, o desenvolvimento de um protocolo apropriado para a produção massal de propágulos do organismo e, finalmente, a demonstração da eficiência do bio-herbicida em condições controladas e no campo. Como no Brasil esse tipo de produto é tratado pelo sistema de registro como se um bio-herbicida fosse um agrotóxico qualquer, há ainda a necessidade de seguir todos os requerimentos para o registro e o licenciamento. Esta tem sido uma limitação importante para o avanço da disciplina no Brasil, pois os custos envolvidos são elevados e o processo é muito demorado.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PLANTAS INVASORAS: NOVIDADE COM UMA LONGA HISTÓRIA

O primeiro registro histórico de aplicação do controle biológico de plantas daninhas antecedeu o desenvolvimento do primeiro herbicida químico em quase um século. O uso pioneiro do inseto *Dactylopius ceylonicus* para controlar infestações da cactácea *Opuntia vulgaris* ocorreu em 1836, enquanto que o lançamento do primeiro herbicida químico (Dinoseb), data de 1933 (JULIEN, 1989). No entanto, os primeiros exemplos de programas de controle biológico de plantas invasoras conduzidos por cientistas datam do início do século 20 e tiveram como alvos as plantas *Lantana camara*, um arbusto tóxico e espinhento originário das Américas, inclusive do Brasil, e *Opuntia stricta*, uma cactácea, também nativa das Américas. Nos dois casos, a ênfase foi dada à utilização de insetos fitófagos coletados respectivamente no México e na Argentina (PERKINS; SWEZEY, 1924; WATERHOUSE; NORRIS, 1987). Os resultados obtidos para o controle da pri-

meira espécie foram parciais, mas, para *O. stricta*, na Austrália, o controle foi muito eficiente. Em 1925, foi liberada, neste país, a mariposa *Cactoblastis cactorum*, coletada na Argentina, alcançando-se, em 1933, o controle completo da planta invasora em 24 milhões de hectares infestados (MCFADYEN; WILLSON, 1997). Desde então, centenas de insetos têm sido introduzidas como inimigos naturais de plantas daninhas em diferentes regiões do mundo. Alguns exemplos de notável sucesso envolveram o uso de insetos coletados no Brasil ou em países vizinhos, como a introdução do besouro *Agasicles hygrophila* da Argentina, no sul dos Estados Unidos, para o controle da tripa-de-sapo (*Alternanthera philoxeroides*), uma invasora agressiva de ambientes aquáticos e áreas úmidas. Depois de sua liberação, em 1964, o besouro estabeleceu-se e disseminou-se pela maior parte da área de infestação nos estados do sul dos Estados Unidos, controlando a tripa-de-sapo, (BUCKINGHAM, 1994). Esse controle é mantido continuamente e o impacto, pela ação do inseto, pode ser consistentemente observado no campo, após mais de 40 anos, como registrado em fevereiro de 2009, na Flórida (Fig. 1).



R. W. Barreto

Figura 1 - Besouro *Agasicles hygrophila* atacando a planta-alvo tripa-de-sapo (*Alternanthera philoxeroides*) na Flórida, EUA

A disciplina do controle biológico de plantas daninhas ainda é dominada pelos entomologistas. Existe um vasto acervo de informações publicado sobre o uso de artrópodes no controle biológico de plantas daninhas. Numerosas revisões e alguns livros tratam especificamente desse tema. Outra fonte importante de informação sobre os avanços desse mesmo tema, são os anais publicados após a realização de simpósios internacionais, que falam do controle biológico de plantas daninhas, os quais reúnem ecologistas, entomologistas, fitopatologistas e outros cientistas em intervalos regulares, desde 1969.

Embora se reconheça há bastante tempo que os fitopatógenos, em particular os fungos, são importantes inimigos naturais de plantas invasoras, seu uso em programas de controle biológico iniciou-se nos anos 70. O primeiro exemplo de aplicação do método clássico, envolvendo fungos fitopatogênicos, consistiu na introdução, a partir da região do Mediterrâneo, do fungo *Puccinia chondrillina*, na Austrália, para o controle da planta invasora *Chondrilla juncea* (CULLEN et al., 1973). A redução obtida em pouco mais de um ano na população dessa planta em áreas infestadas foi superior a 99%. A relação custo/benefício desse programa foi espetacular. O crescimento da produção agrícola nas áreas antes afetadas pela presença dessa planta, somado à redução do consumo de herbicidas, tem resultado em economia anual de AU\$ 16 milhões. Esse valor é cumulativo, enquanto o custo total do programa foi de apenas AU\$ 3 milhões. Atualmente, estima-se que a relação custo-benefício desse projeto esteja entre 1:100 e 1:200 (YANDOC-ABLES et al., 2006). Há registro de que 31 espécies de fungos fitopatogênicos foram até hoje introduzidas em programas de controle biológico clássico de plantas daninhas em todo o mundo (BARRETO, 2009).

Os programas de pesquisas voltados para o método de bio-herbicida já resultaram no desenvolvimento de alguns produtos comerciais. Os mais conhecidos são:

- a) DeVine®: formulação líquida contendo clamidósporos do fungo *Phytophthora palmivora*, registrada em 1981 e utilizada com sucesso no controle de *Morrenia odorata*, nos Estados Unidos (KENNEY, 1986);
- b) Collego®: pó-molhável contendo propágulos de *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* para o controle de *Aeschynomene virginica*, nos Estados Unidos (CHARUDATTAN, 1991);
- c) BioMal®: fabricado a partir do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *malvae*, controla eficazmente *Malva pusila*, no Canadá (MORTENSEN, 1988).

A estratégia de bio-herbicida tem sido utilizada com 12 espécies de fungos e apenas uma de bactéria (BARRETO, 2009). No entanto, mais de 100 espécies de fitopatógenos têm sido investigadas como potenciais agentes de biocontrole de plantas invasoras (FIGUEIREDO, 1995; YANDOC-ABLES et al., 2006).

A preferência pelos fungos fitopatogênicos está relacionada com a severidade das doenças, que muitos destes podem causar nas plantas-hospedeiras, com a sua grande diversidade, com a capacidade que muitos têm de produzir propágulos em abundância, de dispersarem-se com facilidade, sem a necessidade de vetores, e de produzirem estruturas de resistência que permitam a sua sobrevivência em períodos adversos. Não há qualquer exemplo de uso de bactérias fitopatogênicas no controle biológico clássico e apenas um exemplo conhecido de aplicação como bio-herbicida (IMAIZUMI et al., 1997). O bio-herbicida resultante deste trabalho, comercializado sob o nome Camperico®, resultou de um estudo com a bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *poae*, que demonstrou a viabilidade da utilização de bactérias fitopatogênicas como bio-herbicidas. Uma inovação recente foi o desenvolvimento de um bio-herbicida a partir de um vírus, o *tobacco mild green mosaic virus* (TMGV). Este vírus produz

uma reação letal de hipersensibilidade, quando aplicado sobre plantas de joá-bravo (*Solanum viarum*). Testes demonstraram que o vírus é um agente de biocontrole eficiente e específico, o que resultou em pedido de patente (CHARUDATTAN et al., 2004). Entretanto, é pouco provável que a utilização de vírus, como agentes de biocontrole, torne-se comum em função das limitações impostas pela sua condição de organismos biotróficos, pelo fato de muitos deles dependerem da ação de vetores, para se dispersarem, e da falta de especificidade.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PLANTAS INVASORAS NO BRASIL

Importação de agentes de biocontrole

No Brasil, não há registros de introdução de inimigos naturais de plantas invasoras, sejam artrópodes sejam fitopatógenos. Essa situação não reflete adequadamente o estado da disciplina no País. Na realidade, existem contribuições de diversos grupos de cientistas brasileiros no estudo do tema controle biológico clássico de plantas daninhas. Observa-se, no entanto, que houve significativa concentração do esforço desses cientistas em pesquisas voltadas para a exportação de inimigos naturais de plantas daninhas nativas do Brasil, que se tornaram invasoras em outras partes do mundo, embora não causem problemas aqui. Esses trabalhos têm sido feitos em colaboração e com financiamento de instituições internacionais e visam ao desenvolvimento de programas de controle biológico clássico pela exportação de agentes de controle biológico. A estratégia do controle biológico clássico em nível mundial depende, sobretudo, desse tipo de cooperação.

No caso do controle biológico clássico de insetos-praga na agricultura brasileira, existem vários exemplos de sucesso na importação de inimigos naturais. Por outro lado, não existem, até o momento, exemplos de controle biológico clássico de plantas invasoras exóticas. Isso po-

deria levar à suposição de que no Brasil não há problemas com plantas exóticas e, portanto, não haveria a necessidade desse tipo de importação. Na verdade, existem diversas e extensas invasões por plantas invasoras exóticas no Brasil, que afetam áreas de grande relevância ecológica e econômica. Essas invasões representam sérias ameaças à biodiversidade, comprometem a integridade de paisagens naturais e algumas causam prejuízos econômicos consideráveis. Diversos exemplos são discutidos por Ellison e Barreto (2004) e Barreto (2008). Alguns exemplos são destacados a seguir:

a) lírio-do-brejo (*H. coronarium*): planta da família Zingiberaceae, que

invade áreas úmidas e sub-bosques de regiões remanescentes de Mata Atlântica, nas Regiões Sul e Sudeste, substituindo a flora nativa e interferindo diretamente na regeneração das florestas (Fig. 2). Há a suspeita de que seu amplo estabelecimento na Estação Ecológica do Tripuí (MG) esteja ameaçando de extinção a espécie rara de invertebrado *Peripatus acacioi*;

b) capim-annoni (*Eragrostis plana*): gramínea nativa do sul da África, introduzida há cerca de 50 anos no Brasil. Já invade mais de 500 mil hectares dos campos naturais dos pampas do Rio Grande do

Sul (Fig.3). O capim-annoni tem-se expandido progressivamente, excluindo espécies de pastagens nativas. Forma monoculturas de pouco valor como forragem e reduz a capacidade de sustentação das pastagens, causando perdas econômicas significativas;

c) unha-do-diabo (*Cryptostegia madagascariensis*): trepadeira invasora nativa de Madagascar e reconhecida como problema apenas recentemente. É utilizada como ornamental na Região Nordeste do Brasil, tendo sido provavelmente ali introduzida com essa finalidade (Fig.4). Está invadindo as formações



R. W. Barreto

Figura 2 - Intensa infestação de sub-bosque em área protegida de Mata Atlântica, em Alto Ribeira (SP), por lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) e ausência de regeneração da vegetação nativa na área infestada

vegetais nativas das planícies aluviais e provocando impactos graves aos carnaubais nativos. A carnaúba é uma planta heliófila de crescimento lento. Ao usar a carnaúba como suporte, a unha-do-diabo enrola-se em sua copa sombreando-a e impedindo a abertura de folhas novas, o que leva à morte da planta (Fig.5). Toda a vegetação dessas formações é afetada por esse fenômeno (Fig. 6). O controle da unha-do-diabo é dificultado pelo látex que a planta produz, tóxico para animais e homens;

d) amarelinho (*Tecoma stans*): arbusto originário possivelmente do México, de forte apelo ornamental, por

causa da vistosa floração amarela que produz (Fig. 7). Tornou-se uma invasora agressiva de pastagens e áreas degradadas no Paraná e outros estados da Região Sul (Fig. 8);

e) leucena (*Leucaena leucocephala*): planta originária da América Central e distribuída pelo Brasil, para recuperação de áreas degradadas, como fonte de forragem e lenha. Sua utilização para essas finalidades, com exceção da recuperação de áreas degradadas, não prosperou, mas em muitas regiões já forma monoculturas e domina a paisagem. Este é o caso, por exemplo, em Fernando de Noronha (Fig. 9).

Invasões importantes envolvem essas e outras plantas exóticas em quase todos os ecossistemas brasileiros e representam oportunidades para a aplicação do controle biológico clássico, amplamente reconhecido como a única estratégia sustentável para o manejo de espécies exóticas invasoras. Há diversos grupos de pesquisa capacitados para conduzir esse tipo de trabalho no País. Para todos os exemplos mencionados, existem pesquisas em andamento, como exemplo para o lírio-do-brejo (SOARES; BARRETO, 2008), a unha-do-diabo (SILVA et al., 2008) e o amarelinho (VITORINO et al., 2004).



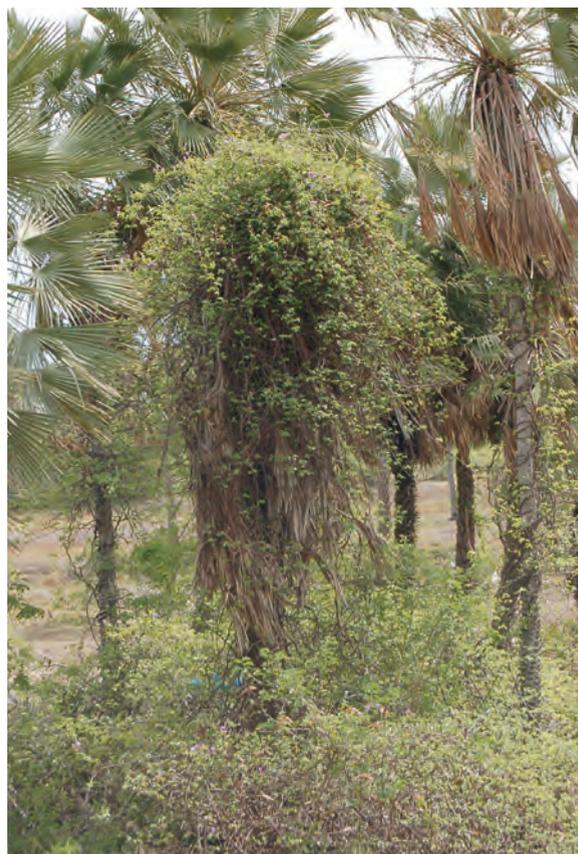
Figura 3 - Formação homogênea, composta apenas da gramínea exótica capim-annoni (*Eragrostis plana*), em área na região dos pampas gaúchos



R. W. Barreto

Figura 4 - Unha-do-diabo (*Cryptostegia madagascariensis*)

NOTA: Detalhe de flores e frutificação (cuja forma inspirou o nome vulgar adotado no Nordeste brasileiro).



R. W. Barreto

Figura 5 - Carnaúba (*Copernicia prunifera*)

Nota: Planta morta após ser dominada pelo crescimento da liana exótica unha-do-diabo.



R. W. Barreto

Figura 6 - Formação vegetal em planície aluvial próxima a Quixeré, CE, em adiantado estado de invasão por unha-do-diabo



R. W. Barreto

Figura 7 - Amarelinho (*Tecoma stans*)

NOTA: Detalhe de inflorescência.



M. D. Vitorino

Figura 8 - Área de pastagem degradada, próxima a Londrina, PR, fortemente infestada pelo amarelinho



R. W. Barreto

Figura 9 - Praia da Conceição, Fernando de Noronha

NOTA: Completa modificação da paisagem com substituição da vegetação nativa pela árvore exótica *Leucaena leucocephala*.

Exportação de agentes de biocontrole

Uma porção significativa das plantas invasoras tropicais mais nocivas é nativa dos neotrópicos, incluindo o Brasil. Entre essas plantas, citam-se:

- a) aguapé (*Eichhornia crassipes*): considerada a planta invasora mais nociva a ecossistemas de água doce em todo o mundo;
- b) camará (*Lantana camara*): listada como uma das dez invasoras mais nocivas do mundo;
- c) canela-de-veado (*Miconia calvenscens*): conhecida na Polinésia Francesa como “câncer verde”, considerada a pior ameaça às florestas nativas nas ilhas do Pacífico (Fig. 10);
- d) araçá (*Psidium cattleianum*): considerada a invasora mais nociva em ilhas oceânicas, como as do arquipélago havaiano e as Ilhas Maurícias.



E. Kilgore

Figura 10 - Infestação homogênea e devastadora de área no Taiti pelo arbusto *Miconia calvenscens* nativo dos neotrópicos, inclusive do Brasil

NOTA: Nenhuma outra espécie é capaz de desenvolver sob o dossel de *M. calvenscens*. Infestações já substituem cerca de 70% da vegetação dessa ilha.

Graças à cooperação entre cientistas e instituições brasileiras e das regiões invadidas por essas plantas, recursos foram aportados, laboratórios organizados e pesquisadores brasileiros treinados no campo do controle biológico de plantas invasoras. Dois fitopatógenos originários do Brasil já foram introduzidos em diferentes regiões do mundo para o controle biológico clássico, como resultado dessa interação. O primeiro foi o causador da antracnose *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *miconiae*, introduzido no Havá e, depois, com maior sucesso, no Taiti (Fig. 11) para o controle de *Miconia calvescens* (MEYER et al., 2008). O segundo foi o causador de ferrugem *Prospodium tuberculatum*, introduzido na Austrália para o controle biológico de *Lantana camara* (ELLISON et al., 2006).

Embora, no passado, diversos insetos coletados no Brasil tenham sido utilizados como agentes de controle biológico de plantas invasoras no exterior, apenas nas últimas duas décadas é que trabalhos protagonizados por cientistas brasileiros estão gerando novas introduções. Um caso particularmente relevante é o da iminente introdução no Havá do coccídeo *Tectococcus ovatus* (Fig. 12) para o controle biológico do araçazeiro (PEDROSA-MACEDO et al., 2007).

Bio-herbicidas

Atualmente, não existem bio-herbicidas disponíveis no comércio, no Brasil. No início da década de 80, houve, no entanto, pesquisas promissoras nesse sentido, desenvolvidas na Embrapa Soja, visando ao controle do leiteiro ou amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), com o fungo *Bipolaris euphorbiae* (GAZZIERO; YORINORI, 1993). Alguns grupos ainda desenvolvem pesquisas com o controle biológico dessa invasora no Brasil, inclusive com *B. euphorbiae*. A prioridade dada a *E. heterophylla*, como alvo para o desenvolvimento de mico-herbicidas, é justificada pelos seguintes fatores:



J. Y. Meyer

Figura 11 - Plantas de *M. calvescens* no Taiti

NOTA: Apresenta forte ataque de *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *miconiae* na folhagem, após a introdução do fungo a partir do Brasil, via Havá.



M. D. Vitorino

Figura 12 - Planta de araçá atacada pela cochonilha *Tectococcus ovatus*

NOTA: Inseto proveniente do Brasil e em quarentena em laboratório no Havá, em vias de ser liberado.

- a) trata-se de uma planta nativa, o que exclui o método clássico de biocontrole como alternativa;
- b) é uma das plantas invasoras mais nocivas à agricultura no Brasil (Fig. 13) e talvez a mais importante em áreas de cultivo de soja, que, além de ser uma cultura de importância econômica indiscutível, re-

presenta o maior mercado nacional para os herbicidas químicos;

- c) há ampla ocorrência de biótipos de *E. heterophylla* resistentes a herbicidas químicos, o que torna o controle químico difícil ou inviável em muitas situações;
- d) há considerável diversidade de fungos patogênicos atacando esta

planta no Brasil e causando doenças severas.

Recentemente, foi desenvolvido um mico-herbicida com base no fungo *Lewia chlamidosporiformans* (Fig. 14) para o controle de *E. heterophylla* na Universidade Federal de Viçosa (UFV), denominado Mico-herb LC. O desenvolvimento desse produto envolveu o levantamento detalhado da micobiota brasileira de *E. heterophylla* (BARRETO; EVANS, 1998), a descoberta e a descrição do fungo *L. chlamidosporiformans* (VIEIRA; BARRETO, 2005), estudos básicos da biologia do fungo e de sua interação com a planta, estudos de produção massal (VIEIRA et al., 2008), além de numerosos experimentos e testes demonstrativos (Fig. 15). O produto tem patente requerida e está em fase de testes para registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Entre vários outros fungos pesquisados no Brasil para a formulação de mico-herbicidas, menciona-se *Fusarium graminearum*, para o controle da planta aquática *Egeria densa* (BORGES NETO; PITELLI, 2004).



Figura 13 - Área de plantio de feijão-caupi em Roraima, completamente infestada por leiteiro (*Euphorbia heterophylla*)

B. A. H. Vieira



Figura 14 - Esporos do ascomiceto *Lewia chlamidosporiformans* no interior de asca

R. W. Barreto



Figura 15 - Resultado de pulverização do mico-herbicida à base de *Lewia chlamidosporiformans* em bandeja contendo plantas de soja e plantas daninhas

NOTA: As plantas de leiteiro são as únicas mortas no grupo de plantas, e as plantas de soja nada sofreram.

A. W. V. Pomella

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle biológico de plantas invasoras, pelo método clássico ou pela utilização de bio-herbicidas, constitui uma estratégia de manejo com metodologias razoavelmente bem conhecidas, mas que devem ser refinadas para cada espécie de invasora e agente de controle biológico. Ambas as abordagens são reconhecidas como métodos ambientalmente seguros e economicamente viáveis, se conduzidos adequadamente. Até hoje, o Brasil tem sido importante apenas como provedor de agentes de biocontrole de plantas invasoras para outras partes do mundo. Esta situação tende a se alterar, pelo agravamento dos problemas com invasões biológicas de ecossistemas brasileiros por plantas exóticas e problemas crescentes, encontrados na agricultura com o manejo de plantas daninhas.

Para que o País beneficie-se de investimentos no controle biológico de invaso-

ras, é necessário que haja uma mudança de postura. O controle biológico não pode ser mais entendido apenas como um método alternativo, uma mera curiosidade ou uma novidade. Essa estratégia tem uma longa história com exemplos notáveis de sucesso. Além disso, não deve ser tratado como último recurso, quando outras estratégias falharem. Sem essa mudança de atitude e sem estímulos significativos e contínuos, o Brasil continuará dependendo de herbicidas químicos de empresas multinacionais, para o manejo de invasoras em agroecossistemas e assistirá, impotente, ao processo de erosão de sua biodiversidade, pelo avanço de plantas invasoras exóticas sobre ecossistemas únicos no planeta.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

À Gláucia Figueiredo Nachtigal, Marcelo Diniz Vitorino, Eloise Killgore, Jean-Yves Meyer, Bernardo A. Halfed Vieira e Alan William Pomella pela gentileza em ceder as fotografias.

REFERÊNCIAS

BARRETO, R.W. Controle biológico de plantas daninhas com fitopatógenos. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p.101-128.

_____. Latin American weed biological control science at the crossroads. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS, 12., 2007, La Grande Matte, França. **Proceedings...** Wallingford: CABI, 2008. p.109-121.

_____; EVANS, H. C. Fungal pathogens of *Euphorbia heterophylla* and *E. hirta* in Bra-



Soluções Ecológicas para a Agricultura

Controle Biológico de Pragas, Doenças e Nematóides

- Bio-Protetores de Plantas
- Bio-Controladores de Pragas
- Bio-Controladores de Nematóides



BALLAGRO AGRO TECNOLOGIA LTDA.
Rua Girassol, 55 - Guaxinduba - Cep: 12945-710 - Atibaia - SP
Fone: (11) 4418-2821 - ballagro@ballagro.com.br







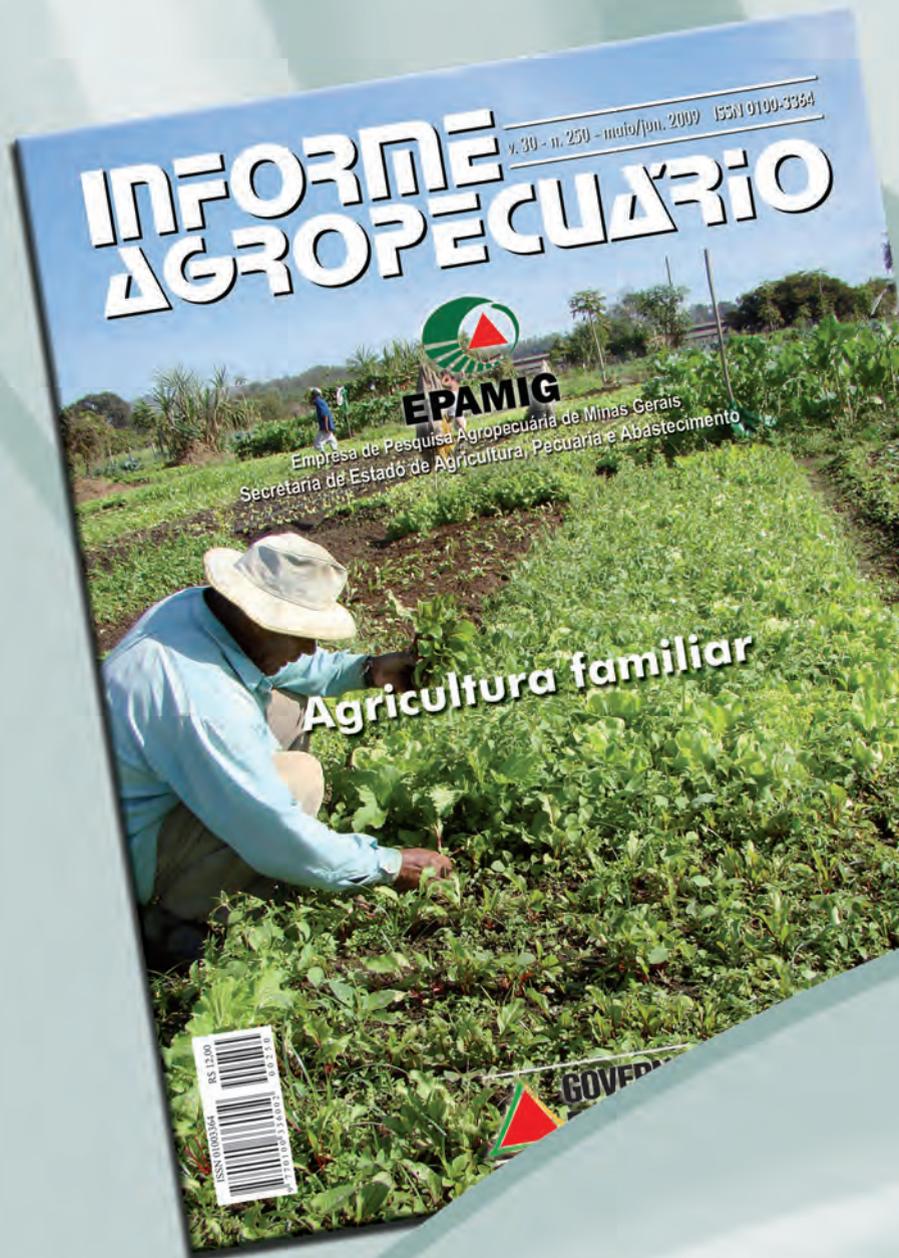


www.ballagro.com.br

- zil and their potential as weed biocontrol agents. **Mycopathologia**, v.141, n.1, p.21-36, Apr. 1998.
- BARTON, J. How good are we at predicting the field host-range of fungal pathogens used for classical biological control of weeds? **Biological Control**, v.31, n.1, p.99-122, Aug. 2004.
- BORGES NETO, C.R.; PITELLI, R.A. Adjuvantes e herbicidas e a infectividade de *Fusarium graminearum*, agente potencial de biocontrole de *Egeria densa* e *Egeria najas*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.22, n.1, p.77-83, jan./mar. 2004.
- BUCKINGHAM, G.R. Biological control of alligatorweed, *Alternanthera philoxeroides*, the world's first aquatic weed success story. **Castanean**, v.61, p.232-243, 1994.
- CHARUDATTAN, R. The mycoherbicide approach with plant pathogens. In: TEBE-EST, D.O. (Ed.). **Microbial control of weeds**. New York: Chapman & Hall, 1991. p.24-57.
- _____; PETERSEN, M.S.; HIEBERT, E. **Use of an inoculation suspension comprising tobacco mild green mosaic virus to induce lethal hypersensitive response in tropical soda apple plants**. US n. US2004162220-A1, 2004.
- CULLEN, J.M.; KABLE, P.F.; CATT, M. Epidemic spread of a rust imported for biological control. **Nature**, v.244, p.462-464, Aug. 1973.
- ELLISON, C.A.; BARRETO, R.W. Prospects for the management for invasive alien weeds using co-evolved fungal pathogens: a Latin American perspective. **Biological Invasions**, v.6, n.1, p.23-45, Mar. 2004.
- _____; PEREIRA, J.M.; THOMAS, S.E.; BARRETO, R.W.; EVANS, H.C. Studies on the rust *Prospodium tuberculatum*, a new classical biological control agent released against the invasive alien weed *Lantana camara* in Australia – 1: life-cycle and infection parameters. **Australasian Plant Pathology**, v.35, n.3, p.309-319, 2006.
- FIGUEIREDO, G. Herbicidas microbiológicos empregados no controle de plantas daninhas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.3, p.111-132, 1995.
- GAZZIERO, D.L.P.; YORINORI, J.T. **Experiência sobre controle biológico de *Euphorbia heterophylla* no Brasil**. Jaboticabal: UNESP-FCAV, 1993. 18p. Trabalho apresentado no Curso Internacional sobre Controle Biológico de Plantas Daninhas, 1993, Jaboticabal.
- HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. [S.l.]: Weed Science, 2009. Disponível em: <<http://www.weedscience.com>>. Acesso em: 25 de nov. 2008.
- IMAIZUMI, S.; NISHINO, T.; MIYABE, K.; FUJIMORI, T.; YAMADA, M. Biological control of annual bluegrass (*Poa annua* L.) with a Japanese isolate of *Xanthomonas campestris* pv. *poae* (JT-P482). **Biological Control**, v.8, n.1, p.7-14, Jan. 1997.
- JULIEN, M.H. Biological control of weeds worldwide: trends, rates of success and the future. **Biocontrol News and Information**, v.10, p.299-306, 1989.
- KENNEY, D.S. Devine - the way it was developed - and industrialist view. **Weed Science**, v.34, p.15-16, 1986.
- KIELY, T.; DONALDSON, D.; GRUBE, A. **Pesticide industry sales and usage: 2000 and 2001 market estimates**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2004 Disponível em: <http://www.epa.gov/oppbead1/pestales/01pestales/market_estimates_2001.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2009.
- MCFADYEN, R.E.C.; WILLSON, B. A history of biological control of weeds. In: JULIEN, M.; WHITE, G. **Biological control of weeds: theory and practical applications**. Canberra: ACIAR, 1997. p.17-22.
- MEYER J.Y.; TAPUTUARAI R.; KILLGORE E. Dissemination and impacts of the fungal pathogen *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *miconiae* (Deuteromycetinae) on the invasive alien tree *Miconia calvescens* (Melastomataceae) in the rainforests of Tahiti (French Polynesia, South Pacific). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS. 12., 2007, La Grande Motte, França. **Proceedings...** Wallingford: CABI, 2008. p.594-600.
- MORTENSEN, K. The potential of an endemic fungus, *Colletotrichum gloeosporioides*, for biological control of round leaf mallow (*Malva pusilla*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Science**, v.36, p.473-478, 1988.
- PEDROSA-MACEDO, J.H.; DALMOLIN, A.; SMITH, C.W. (Ed.). **O araçazeiro: ecologia e controle biológico**. Curitiba: FUPEF, 2007. 232p.
- PERKINS, R.C.L.; SWEZEY, O.H. **The introduction into Hawaii of insects that attack lantana**. Honolulu: Experiment Station of the Hawaii Sugar Planter's Association, 1924. (Bulletin, 16).
- SILVA, J.L.da; BARRETO, R. W.; PEREIRA, O.L. *Pseudocercospora cryptostegiaemadagascariensis* sp. nov. on *Cryptostegia madagascariensis*, an exotic vine involved in major biological invasions in northeast Brazil. **Mycopathologia**, v.166, n.2, p.87-91, Aug. 2008.
- SOARES, D.J.; BARRETO, R.W. Fungal pathogens of the invasive riparian weed *Hedychium coronarium* from Brazil and their potential for biological control. **Fungal Diversity**, v.28, p.85-96, 2008.
- VIEIRA, B.S.; BARRETO, R.W. *Lewia chlamidosporiformans* sp. nov. from *Euphorbia heterophylla*. **Mycotaxon**, v.94, p.245-248, Oct./Dec. 2005.
- _____; NECHET, K.L.; BARRETO, R.W. *Lewia chlamidosporiformans*, a mycoherbicide for control of *Euphorbia heterophylla*: isolate selection and mass production. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS, 12., 2007, La Grande Motte, França. **Proceedings...** Wallingford: CABI, 2008. p.206-210.
- VITORINO, M.D.; PEDROSA-MACEDO, J.H.; MENEZES JUNIOR, A.O.; ANDREAZZA, C.J.; BREDOW, E.A.; SIMÕES, H.C. Survey of potential biological agents to control yellow bells, *Tecoma stans* (L.) Kunth. (Bignoniaceae), in southern Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS, 11., 2003, Canberra. **Proceedings...** Canberra: CSIRO, 2004. p.186-187.
- WAPSHERE, A.J. A strategy for evaluating the safety of organisms for biological weed control. **Annals of Applied Biology**, v.77, n.2, p.201-211, July 1974.
- WATERHOUSE, D.F.W.; NORRIS, K.R. **Biological control Pacific prospects**. Melbourne: Inkata Press, 1987.
- YANDOC-ABLES, C.B.; ROSSKOPF, E.N.; CHARUDATTAN, R. **Plant pathogens at work: progress and possibilities for weed biocontrol**. St. Paul: APS net, 2006. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/online/feature/weed1>>. Acesso em: ago. 2006.

INFORME AGROPECUARIO

Tecnologias para o Agronegócio



Assinatura e vendas avulsas

publicacao@epamig.br

(31) 3489-5002



Legislação de uso de produtos biológicos para o controle de pragas e doenças

Francys M. F. Vilella¹
Maria Luiza M. P. Castro²
Elza B. da Cunha³

Resumo - O Brasil tem regras bem definidas para o registro de produtos de defesa fitossanitária. Entretanto, é comum o desconhecimento dessas regras, o que compromete o acréscimo constante de novos produtos no mercado agrícola. Outros fatores que também contribuem para esse fato são o enquadramento incorreto dos produtos nas diferentes legislações relacionadas com os produtos agrícolas e a não-proteção da propriedade intelectual. Apresentam-se os diferentes enquadramentos legais que os produtos biológicos podem ter, bem como os caminhos da proteção da propriedade intelectual de seus processos produtivos.

Palavras-chave: Insumos agropecuários. Produtos de baixa toxicidade. Agrotóxico. Inoculação. Patente. Domissanitário. Certificação. Registro. Proteção intelectual.

INTRODUÇÃO

A população mundial está hoje em torno de 6,5 bilhões de pessoas. As estimativas apontam para um aumento crescente da população com incremento da renda *per capita*, com consequência de demanda cada vez maior por alimentos e outros bens de consumo. Nesse caso, o aumento da produção agrícola é mandatório e o emprego de novas tecnologias no agronegócio é fundamental para manter os índices de produtividade capazes de atender às demandas, evitando a expansão de fronteiras agrícolas ou aumentos substanciais nos preços.

Dentro desse contexto de aumento de produtividade sustentável está o uso de produtos biológicos no controle de pragas e doenças. Entretanto, não há como ter garantia de qualidade desses produtos

se são comercializados ilegalmente, sem registro. Visando mostrar o panorama da regulamentação desses produtos, será apresentado a seguir, de forma geral, o caminho para obtenção do registro e da proteção intelectual dos processos produtivos de produtos de baixa toxicidade, que poderão ser utilizados no controle biológico.

Primeiramente, serão abordados aspectos relacionados com o registro de produtos, as diferenças entre certificação, registro e patente e as diferenças entre domissanitário, agrotóxico e afim e inoculante. Ao final, serão apresentados aspectos da inovação e da proteção da propriedade intelectual.

REGISTRO

O registro de um produto é a autorização legal de produzir, comercializar,

exportar, importar, manipular ou utilizar um agrotóxico, componente ou afim no país, seja por intermédio de formulação/fabricação dos seus componentes, seja por importação destes. O principal objetivo do registro é garantir a segurança da população e do ambiente e os padrões de qualidade e eficiência dos produtos. O titular do registro é o detentor dos direitos comerciais do produto.

Registro, certificação e patente

Muitas vezes, para os produtos biológicos utilizados na agricultura orgânica, os termos registro e certificação orgânica confundem-se. O registro é obrigatório a todos os produtos destinados à defesa fitossanitária, isto é, os destinados ao controle de pragas e doenças, utilizados tanto na

¹Bióloga, D.Sc., CESIS - Soluções em Regulamentação e Registro de Produtos Ltda., SCLN 11 BL D sala 204, CEP 70754-540 Brasília-DF. Correio eletrônico: francys@cesis.bio.br

²Bióloga, M.Sc., CESIS - Soluções em Regulamentação e Registro de Produtos Ltda., SCLN 11 BL D sala 204, CEP 70754-540 Brasília-DF. Correio eletrônico: marialuiza@cesis.bio.br

³Advogada, M.Sc., ATCG Consultoria e Assessoria Ltda., CEP 70754-540 Brasília-DF. Correio eletrônico: atcg@atcg.com.br

agricultura convencional como na agricultura orgânica. A certificação orgânica é o ato pelo qual uma entidade credenciada de avaliação de conformidade dá garantias de que uma produção ou um processo claramente identificado foi metodicamente avaliado e está em conformidade com as normas de produção orgânica vigentes (BRASIL, 2003).

Diferentemente do registro, a patente não é obrigatória. A patente é um título de propriedade temporário outorgado pelo Estado ao inventor (autor ou pessoas cujos direitos derivem destes), para que exclua terceiros, sem sua prévia autorização, de atos relativos à matéria protegida.

O titular da patente tem o direito de impedir terceiros, sem o seu consentimento, de produzir, colocar à venda, usar, importar produto objeto da patente ou processo ou produto obtido diretamente por processo patenteado. Portanto, terceiros podem fazer uso da invenção somente com a permissão do titular mediante a obtenção de uma licença.

Enquadramento correto do produto

Para que uma empresa possa buscar o registro de um produto, o primeiro passo é enquadrá-lo corretamente na legislação pertinente. Esse enquadramento dá-se em função do uso e da finalidade a que o produto se destina. É comum confundir um produto biológico de uso agrícola com um produto domissanitário ou um inoculante.

Se um produto biológico atua no controle de uma determinada praga, mas em ambientes urbanos (edificações, jardins etc.) e não em ambiente agrícola, será considerado um saneante domissanitário. Para ser encaixado nessa categoria, o produto tem que ser destinado ao uso em ambientes domiciliares, coletivos ou públicos ou no tratamento da água (em ambientes domiciliares). A empresa registrante deverá seguir a Legislação de Saneantes Domissanitários e regulamentações específicas.

Os domissanitários da categoria desinfestante são os inseticidas para uso doméstico e por empresas especializadas, raticidas para uso doméstico e por empresas especializadas, jardinagem amadora, moluscicidas e repelentes. Um mesmo produto, por exemplo um inseticida, pode ser registrado como domissanitário para aplicação em ambientes urbanos e como agrotóxico ou afim, caso seja aplicado em ambientes agrícolas. Assim, esse mesmo produto deverá seguir a legislação específica para cada uma das suas finalidades.

Para que uma empresa ou instituição solicite o registro de um produto na categoria saneante domissanitário, uma série de pré-requisitos deve ser primeiramente atendida, como registrar o estabelecimento responsável pela produção. Tanto o registro do produto, quanto o registro do estabelecimento são de competência do Ministério da Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Os procedimentos de fiscalização também ficam a cargo da Anvisa e das esferas estaduais.

Caso o produto tenha em sua composição um novo princípio ativo, a empresa registrante aguardará a publicação pela Anvisa de uma monografia, discriminando as informações de ingrediente ativo, grupo químico, classe de uso, finalidade de uso etc. Para obter o registro, a empresa deverá realizar uma série de testes toxicológicos, de estabilidade e de eficiência, sem a obrigatoriedade de realização desses ensaios de acordo com as normas das Boas Práticas Laboratoriais (BPL), o que torna esse processo menos oneroso.

Outro caso que gera dificuldades de enquadramento de registro é o de microrganismos inoculantes. Segundo a regulamentação, entende-se por inoculantes os produtos que contenham microrganismos promotores de crescimento de plantas (como *Bradyrhizobium* sp. e *Rhizobium* sp.), com o consequente aumento de produtividade. Pelo fato de essa regulamentação tratar de microrganismos, muitas vezes os produtos à base de fungos e bactérias com atuação no controle são equivocadamente enquadrados na categoria inoculantes.

As avaliações sobre os pleitos de registro de produtos e estabelecimentos e os procedimentos de fiscalização são de competência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e de suas superintendências estaduais. Existem normas específicas para orientar cada uma das categorias de produtos que estão sob a égide da Lei nº 6.894, de 16/12/1980 (BRASIL, 1980). Cada produto possui uma normatização específica de acordo com sua composição. Existem ainda normativas que orientam os métodos analíticos e qualitativos a serem utilizados nas análises, limites de contaminantes que determinam o controle de qualidade da matéria-prima e do produto final, além de diretrizes de importação. Portanto, cada categoria possui exigências próprias, especificações e detalhes singulares a serem seguidos.

Para obter o registro de um inoculante, a empresa requerente deve possuir o Registro do Estabelecimento Produtor. Como pré-requisito, existe a necessidade de cumprimento da legislação ambiental (licenciamento ambiental), concedido pelo órgão estadual competente. Os estabelecimentos que comercializam, exportam ou importam esses produtos também devem ser registrados. O prazo de validade do registro é de cinco anos, renovável por período igual.

No caso de registro de inoculantes, não há necessidade de obtenção de uma autorização prévia para proceder à pesquisa e à experimentação (como no caso de agrotóxicos e afins). Entretanto, um produto considerado novo, nacional ou importado, que não conte com antecedente de uso no País, somente terá o registro concedido após apresentação ao MAPA de relatório técnico-científico conclusivo, emitido por órgão brasileiro de pesquisa oficial ou credenciado, que ateste a viabilidade e a eficiência de seu uso agrícola. Os trabalhos de pesquisa com o produto não deverão estender-se por mais de três safras agrícolas, exceto quando condições técnicas exigirem a sua prorrogação.

O MAPA e suas superintendências não cobram taxa para registro de produto ou de estabelecimento. Por tratar-se de procedimento pertinente a apenas um órgão governamental, os pleitos são analisados em curto tempo. Essa regra, porém, não se aplica ao registro de um produto novo.

Quando e como um produto deve ser registrado como agrotóxico ou afim

Um produto é considerado agrotóxico ou afim quando se apresenta como:

produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (BRASIL, 1989).

Nesse contexto, enquadram-se os agentes biológicos (entomopatógenos, parasitoides, predadores e nematoides), os semioquímicos, outros bioquímicos, extratos vegetais e minerais, utilizados na agricultura com a finalidade de controlar organismos considerados nocivos, além de todos os outros produtos que sejam utilizados no controle de pragas agrícolas e que se enquadrem na definição legal.

No Brasil, o MAPA, a Anvisa e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) são os órgãos federais responsáveis pela avaliação e registro de agrotóxicos e afins. Os interessados no registro de produtos devem submeter a cada um desses órgãos federais competentes dados e informações específicas, para que os produtos sejam avaliados.

Cabe ao MAPA:

- a) avaliar a eficiência agrônômica dos agrotóxicos e afins para uso nos se-

tores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas florestas plantadas e nas pastagens;

- b) conceder o Certificado de Registro, inclusive o Registro Especial Temporário (RET) de agrotóxicos, produtos técnicos, pré-misturas e afins, para uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas florestas plantadas e nas pastagens, atendidas as diretrizes e exigências do Ministério da Saúde e Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Cabe ao Ministério da Saúde, por meio da Anvisa:

- a) avaliar e classificar toxicologicamente os agrotóxicos, seus componentes e afins;
- b) avaliar os produtos destinados ao uso em ambientes urbanos, industriais, domiciliares, públicos ou coletivos, ao tratamento de água e ao uso em campanhas de saúde pública, quanto à eficiência do produto;
- c) realizar avaliação toxicológica preliminar dos agrotóxicos, produtos técnicos, pré-misturas e afins, destinados à pesquisa e à experimentação;
- d) estabelecer intervalo de reentrada em ambiente tratado com agrotóxicos e afins;
- e) conceder o Certificado de Registro, inclusive o RET, de agrotóxicos, produtos técnicos, pré-misturas e afins destinados ao uso em ambientes urbanos, industriais, domiciliares, públicos ou coletivos, ao tratamento de água e ao uso em campanhas de saúde pública, atendidas as diretrizes e exigências do MAPA e do MMA e monitorar os resíduos de agrotóxicos e afins em produtos de origem animal.

Compete ao MMA, por meio do Ibama:

- a) avaliar os agrotóxicos e afins destinados ao uso em ambientes hídricos, na proteção de florestas nativas e de outros ecossistemas, quanto à eficiência do produto;
- b) realizar a avaliação ambiental, dos agrotóxicos, seus componentes e afins, estabelecendo suas classificações quanto ao potencial de periculosidade ambiental;
- c) realizar a avaliação ambiental preliminar de agrotóxicos, produto técnico, pré-mistura e afins destinados à pesquisa e à experimentação;
- d) conceder o Certificado de Registro, inclusive o RET, de agrotóxicos, produtos técnicos e pré-misturas e afins destinados ao uso em ambientes hídricos, na proteção de florestas nativas e de outros ecossistemas, atendidas as diretrizes e exigências do MAPA e do Ministério da Saúde.

De modo geral, as principais preocupações existentes estão relacionadas com os possíveis impactos da utilização dos produtos considerados agrotóxicos e afins sobre o ambiente e a saúde da população exposta. As exigências procedem, pois, mesmo quando se trata de um produto natural, há consequências que podem ser geradas a partir da sua utilização em quantidades não naturais. Por isso, são relevantes as informações de toxicidade de potenciais toxinas, irritabilidade, alergenicidade e patogenicidade. Assim, a avaliação prévia e os testes de segurança tornam-se necessários para obter dados de identificação do perigo oferecido pelo agente, no contexto de um processo de avaliação de risco. Alguns requisitos básicos devem ser seguidos, visando à obtenção do registro de produtos considerados agrotóxicos e afins. Esses requisitos aplicam-se na obtenção do RET, do Registro Federal e do Registro Estadual.

Registro Especial Temporário

O Registro Especial Temporário (RET) deve ser solicitado antes do início dos procedimentos de pesquisa e experimentação, inclusive no caso de importação de produtos. Esse registro é concedido após a realização das avaliações toxicológica e ambiental preliminares do produto, realizadas respectivamente pela Anvisa e pelo Ibama. Além disso, o pleito também é submetido ao MAPA, para que seja avaliada a viabilidade do produto do ponto de vista de eficiência e praticabilidade do projeto experimental apresentado. O RET está sujeito à aprovação dos três órgãos federais. Como a própria denominação indica, é concedido por tempo determinado.

O RET é o mecanismo que o governo possui para ser informado sobre as pesquisas e experimentações em condução no Brasil, na área de defesa vegetal com produtos considerados agrotóxicos e afins. Por esse motivo, mesmo não havendo a intenção imediata de comercialização do produto testado, o RET é imprescindível.

Para a obtenção do Certificado de RET é necessário o envio de informações aos órgãos federais responsáveis (MAPA, Anvisa e Ibama) a respeito das características do produto e dos projetos experimentais elaborados para a comprovação da eficácia do produto pesquisado.

A normativa que regulamenta essa fase, considerada a primeira do processo de registro dos produtos considerados agrotóxicos e afins, é um instrumento jurídico utilizado conjuntamente pelos órgãos regulamentadores. Essa normativa conjunta de RET, que atualmente se encontra em processo de reformulação, denota a separação na confecção dos processos a serem submetidos, especialmente para aqueles com características distintas dos agrotóxicos convencionais. Dessa forma, os órgãos regulamentadores tratam os produtos de modo diferenciado, dando a cada um deles o enfoque necessário. Como exemplo, cita-se o não enquadramento dos produtos biológicos nas fases em que normalmente os agrotóxicos convencionais

são classificados, a depender do tamanho da área a ser testada e da quantidade de produto utilizada. Essa forma diferenciada no tratamento dos produtos biológicos implica na diminuição de taxas a serem recolhidas, quando da submissão dos pleitos de RET.

O quesito de maior importância do RET é o detalhamento do projeto experimental, que somente poderá ser legalmente implantado após a emissão do certificado de registro expedido pelo órgão registrante. Além disso, a apresentação do projeto por parte do interessado é condição imprescindível para a geração de um laudo técnico atestando a eficiência do produto. A apresentação desse laudo ocorre por ocasião da submissão do pleito de registro federal. O projeto experimental deve conter, no mínimo, informações a respeito dos objetivos dos ensaios, as culturas, pragas ou doenças, o tipo de delineamento experimental utilizado, tratamentos, tamanho da área pesquisada, modo de aplicação do produto, número de repetições e período previsto para aplicação do experimento.

Uma inovação implementada pelos órgãos regulamentadores em 2007 foi a alimentação do Sistema Eletrônico de Requerimento e Análise de Registro Especial Temporário (Sisret) pelas empresas que solicitam o RET. O Sisret foi desenvolvido pelo Ibama e hoje é utilizado de forma integrada também pelo MAPA e Anvisa para agilizar e qualificar a avaliação preliminar de agrotóxicos. Esse sistema foi desenvolvido para oferecer aos interessados no registro de produtos (para pesquisa e experimentação) maior economia e agilidade no atendimento. Entretanto, após dois anos de implementação, o Sisret ainda não pode ser utilizado para produtos biológicos, atendendo apenas os pleitos de RET relacionados com os produtos agrotóxicos considerados convencionais.

Registro Federal

Para a submissão da solicitação de “Registro Federal”, visando à comercialização do produto, é necessário que sejam seguidas as instruções da Lei nº 7.802, de

12/7/1989 (BRASIL, 1989) do Decreto nº 4.074, de 8/1/2002 (BRASIL, 2002) e de cada uma das Portarias, Resoluções e Instruções Normativas Conjuntas vigentes, para cada tipo de produto.

Quando se trata de um produto diferenciado dos agrotóxicos químicos convencionais, ou seja, um produto biológico natural, existe a necessidade de informar aos órgãos regulamentadores, no início dos pleitos de registro submetidos, que os produtos são considerados, pelos interessados em seu registro, como de “baixa toxicidade e periculosidade”, termo citado nos instrumentos legais que norteiam o registro desses produtos. Assim, os pleitos submetidos devem demonstrar ao governo que devem ser seguidas as diversas normativas publicadas para atender especificamente cada um dos produtos considerados de baixa toxicidade e periculosidade, visando à avaliação caso a caso, e não a normativa elaborada para a obtenção do registro dos produtos químicos convencionais.

Desde 2005, os órgãos governamentais competentes pelo registro dos produtos agrotóxicos e afins trabalham na discussão e publicação de normativas para o registro de produtos específicos como:

- a) produtos bioquímicos: descritos como reguladores de crescimento (hormônios e enzimas), constituídos por substâncias químicas de ocorrência natural e com mecanismo de ação não tóxico, usados no controle de doenças ou pragas;
- b) produtos semioquímicos: descritos como os constituídos por substâncias químicas que evocam respostas comportamentais ou fisiológicas nos organismos receptores e que são empregados com a finalidade de detecção, monitoramento e controle de uma população ou de atividade biológica de organismos vivos, podendo ser classificados, a depender da ação que provocam, intra ou interespecífica, como feromônios e aleloquímicos, respectivamente;

c) produtos microbiológicos: descritos como os microrganismos vivos de ocorrência natural, bem como aqueles resultantes de técnicas que impliquem na introdução natural de material hereditário, excetuando-se os organismos, cujos materiais genéticos ácido desoxirribonucleico/ácido ribonucleico (ADN/ARN) tenham sido modificados por qualquer técnica de engenharia genética – organismo geneticamente modificado (OGM);

d) agentes biológicos de controle: definidos como organismos vivos, de ocorrência natural ou obtidos por manipulação genética, introduzidos no ambiente para o controle de uma população ou de atividade biológica de outro organismo considerado nocivo, podendo abranger inimigos naturais (organismos que naturalmente infectam, parasitam ou predam uma praga específica, entre eles, parasitoides, predadores e nematoides entomopatogênicos) e insetos obtidos por meio da Técnica do Inseto Estéril (TIE) (liberação de machos esterilizados por radiação ionizante como método de controle que pode ser usado na supressão ou erradicação de pragas).

Para a submissão do pleito de Registro Federal faz-se necessária a apresentação de testes de caracterização físico-química dos produtos agrotóxicos e afins, bem como de testes toxicológicos e da genotoxicidade.

A caracterização físico-química do produto consiste na descrição de sua estrutura molecular, fornecendo dados importantes para corroborar os resultados dos demais parâmetros toxicológicos e da genotoxicidade testados. Os resultados obtidos são utilizados pelos três órgãos regulamentadores para embasar os demais resultados apresentados.

Os testes toxicológicos apresentados ao Ibama e à Anvisa englobam testes com mamíferos e outros organismos não-alvos,

como insetos, aves, organismos aquáticos e de solo, abrangendo, assim, diversos níveis tróficos. Os últimos exemplos caracterizam a bateria de testes considerados ecotoxicológicos e devem ser apresentados somente ao órgão ambiental. Além dos testes com organismos não-alvos, os parâmetros ecotoxicológicos abrangem também os testes de comportamento ambiental dos produtos, como transporte, mobilidade e adsorção, realizados com solos nacionais.

Os testes da genotoxicidade apresentados ao Ibama e à Anvisa consistem em parâmetros de mutagenicidade, teratogenicidade e carcinogenicidade. Esses parâmetros, apesar de não serem utilizados na classificação ambiental ou toxicológica dos produtos, são fundamentais no processo de avaliação, como um todo, já que são considerados parâmetros impeditivos de registro, caso um produto apresente resultado positivo para um desses parâmetros.

Todos os testes devem ser realizados sob as normas do sistema de qualidade BPL, seguindo metodologias reconhecidas nacional ou internacionalmente e adequadamente validadas. No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) é a unidade de monitoramento reconhecida que audita os laboratórios quanto à competência na realização de testes dentro desse sistema.

A obrigatoriedade da apresentação de cada um dos testes está vinculada ao tipo de produto, isto é, se técnico ou formulado, sólido, líquido ou gás, bem como ao modo de uso, se aplicado em pré ou pós-emergência, pré ou pós-colheita, incorporado ao solo, utilizado no tratamento de sementes ou dentro de armadilhas etc.

As normas específicas que regem cada produto biológico/natural descrevem os diferentes níveis de exigências para apresentação dos parâmetros físico-químicos, toxicológicos e da genotoxicidade, a depender das características próprias de cada um desses produtos.

Outra diferença interessante entre as exigências apresentadas para os agrotóxicos químicos convencionais e os produtos

biológicos/naturais é que para os primeiros, obrigatoriamente, deve ser pleiteado aos órgãos regulamentadores o Registro dos Produtos Técnicos utilizados como bases das formulações de pronto uso que se pretende comercializar. A apresentação do Certificado de Registro dos Produtos Técnicos compõe o pleito de registro das formulações é condição obrigatória para os agrotóxicos convencionais. Essa obrigatoriedade não existe no caso de produtos de baixa toxicidade, já que suas normativas específicas apresentam a possibilidade de registro direto das formulações de pronto uso sem a necessidade da apresentação do Certificado de Registro do Produto Técnico que embasa a formulação. Essa diferença é muito importante por permitir a redução do tempo de obtenção do Registro Federal e a diminuição dos custos envolvidos no processo de registro.

Os prazos de avaliação e expedição de certificados não são totalmente previsíveis. O decreto regulamentador da legislação de agrotóxicos e afins (BRASIL, 2002) cita mecanismos de tramitação priorizada dos processos que tratam dos produtos de baixa toxicidade e periculosidade. Este decreto também cita um prazo de 60 dias para a realização das avaliações toxicológicas (Anvisa) e ambiental (Ibama), bem como um prazo de 15 dias para a expedição do certificado de registro no MAPA. No entanto, todos os prazos apresentados na legislação param de contar a partir do momento em que o produto recebe alguma exigência de complementação de informações e retomam a contagem por ocasião da protocolização da documentação faltante no órgão que a exigiu.

Registro Estadual

Após a obtenção do Certificado de Registro em âmbito federal, a empresa ainda deverá cadastrar-se nos Estados brasileiros, onde deseja comercializar os produtos registrados. Em alguns Estados, esse registro ou cadastro pode ser realizado de forma simplificada, apenas com apresentação da

documentação deferida pelos órgãos federais regulamentadores. Entretanto, há Estados onde são exigidos praticamente todos os procedimentos de registro realizados por ocasião da submissão do pleito em esfera federal, inclusive com pagamento de taxas referentes à classificação dos produtos após avaliação dos órgãos federais. Esse registro segue legislação estadual específica, observando-se as exigências dos órgãos de meio ambiente, saúde e agricultura de cada Estado.

PATENTE E PROTEÇÃO INTELLECTUAL

Os produtos biológicos utilizados no controle de pragas e doenças são resultado de trabalhos intensos de pesquisa, inovação e desenvolvimento. Os mecanismos de proteção intelectual, dentro desse contexto, visam garantir o retorno dos investimentos feitos.

Como proteger uma invenção

O primeiro passo para proteger uma invenção é procurar o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi). A patente ou o registro de desenho industrial é o instrumento correto para essa proteção. É necessário depositar um pedido no Inpi, o qual, depois de devidamente analisado por um Examinador de Patentes, poderá tornar-se uma patente, com validade em todo o território nacional. O pedido de patente é formado pelos seguintes documentos: requerimento próprio, relatório descritivo, reivindicações, desenhos e resumo (se for o caso). Antes de depositar o pedido de patente, é altamente recomendável efetuar, previamente, uma busca de anterioridade, que pode ser uma busca individual ou uma busca isolada. A busca é realizada de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (no caso de patentes) e de acordo com a Classificação Nacional (no caso de

registros). O usuário tem o prazo de três dias para fazer uma busca Individual na sede do Inpi. Caso o usuário não possa fazer a busca pessoalmente, poderá solicitar ao próprio Inpi que a faça e remeta o resultado (busca isolada). Essa busca será cobrada em função da quantidade de documentos pesquisados, ou seja, da sua duração.

O usuário também pode realizar a busca pela internet⁴ ou consultar o banco de patentes do Inpi, que possui cerca de 25 milhões de patentes. Buscas informatizadas podem ser realizadas pela consulta em bases de dados, como Dialog (EUA), Orbit-Questel (França) e STN (Alemanha). Os três juntos abrangem 600 bases de dados com informações sobre praticamente todas as áreas do conhecimento humano.

Duração da patente

A patente de invenção vigora pelo prazo de 20 anos e a patente de modelo de utilidade por 15 anos contados da data de depósito – art. 40 da Lei da Propriedade Industrial (BRASIL, 1996).

Território de proteção da patente

A patente é válida somente no território nacional - princípio consagrado pela Convenção da União de Paris (CUP). A existência de patentes regionais (ex. Patente Europeia) não constitui exceção ao princípio, pois elas são resultantes de acordos regionais específicos. A CUP, concluída em 1883, constituiu o primeiro marco internacional para a proteção da propriedade industrial entre os diversos países signatários. O Brasil foi um dos 14 primeiros países a aderir a essa Convenção. Várias foram as modificações introduzidas no texto de 1883 por meio de sete revisões. O Brasil aderiu integralmente ao texto da Revisão de Estocolmo, última revisão da CUP, pelo Decreto nº 635, de 1992 (BRASIL, 1992).

Como proteger uma invenção em outros países

A proteção de uma invenção é feita diretamente no país onde se deseja obter a proteção. Para simplificar esse procedimento o inventor pode optar pelo sistema Patent Cooperation Treaty (PCT), segundo o qual, a partir de um depósito inicial em um país membro do PCT, são designados os países escolhidos para requisitar a patente. O Brasil é um dos países membros e esse depósito pode ser efetivado no Inpi. O inventor recebe um relatório de busca internacional que deve auxiliá-lo na decisão da escolha dos países. O inventor dispõe de um prazo de 20 ou 30 meses, nos casos em que tenha solicitado um exame preliminar internacional, para entrar na fase nacional, contados a partir da data do depósito internacional. Dessa forma, se comparado ao sistema tradicional de patentes, que disponibilizava apenas 12 meses, a entrada de um pedido PCT não garante uma patente internacional, mas simplifica o processo por fornecer um relatório de busca, de exame preliminar (se solicitado pelo inventor) e de uma extensão de prazo para o início das fases nacionais.

Função utilitária das patentes

A função utilitária das patentes geralmente é associada à possibilidade de retorno do investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). A lógica é bastante retilínea: uma vez obtida a patente de determinado produto ou processo, os royalties auferidos pelo titular da carta-patente tendem a compensar os investimentos despendidos para a sua obtenção.

Outros atributos também podem-se vincular à chamada função utilitária das patentes (e da propriedade intelectual em geral), como ocorre no caso do ritual de transferência de tecnologia. A transferência reveste-se de maior sofisticação, quando a tecnologia é protegida. Deve-se considerar que, dependendo do tipo de produto ou pro-

⁴Consultar o site: <http://ep.espacenet.com> ou <http://www.delphion.com>

cesso tecnológico patentado, podem ser complicadas as operações de negociação no tempo correto para obter uma licença. O seu valor e a base de cálculo devem ser considerados para o cálculo dos *royalties* devidos.

Outra decorrência da função utilitária das patentes, que merecem ser destacadas, é a revelação do estado da arte para o avanço da ciência, ponto da mais alta relevância na sociedade atual, que prestigia os dados constantes nos bancos de patente, cuja soma supera a informação disponível na tradicional revisão bibliográfica, como tem sido exaustivamente divulgado por representantes do Inpi em diversos eventos recentes.

A experiência tem demonstrado que, atualmente, sem regras claras de propriedade intelectual, torna-se remota a possibilidade de captar recursos financeiros para o financiamento da pesquisa pública. Na ausência dessas regras, é quase impossível captar recursos nas empresas privadas, cuja cooperação pode ser obtida, desde que lhes seja garantido algum tipo de exclusividade para compensar o retorno do investimento. Assim, há um longo caminho a percorrer que começa pela identificação das empresas potencialmente usuárias da nova tecnologia. Uma vez identificadas, cabe iniciar o processo de articulação e de negociação com cada uma, isoladamente ou reunidas em um grupo empresarial do setor interessado nos resultados almejados no projeto. Finalmente, o processo passa pelo aprendizado da redação de contratos complexos que, usualmente, cobrem etapas diferentes desde o início da pesquisa, passando pelo desenvolvimento do produto ou processo tecnológico, até a exploração comercial. Em síntese, trata-se de negociar, redigir e firmar um contrato ou um feixe de contratos que assegurem lastro jurídico a um sistema de incentivos, cujo direito de propriedade intelectual figure no eixo principal e assegure, de um lado, a captação de recursos privados para a pesquisa e, de outro, a exclusão de quem não tenha colaborado para a execução do projeto aos resultados que venham a ser obtidos, pelo menos durante um tempo definido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A regulamentação para o registro de muitos tipos de produtos biológicos é clara. No entanto, o empreendedor que busca o registro necessita observar os enquadramentos estabelecidos pelas normativas.

Em se tratando do registro de produtos biológicos sob a Lei de Agrotóxicos e Afins (BRASIL, 1989), muitos avanços já ocorreram desde 1989, quando foi publicada a lei. Esses avanços são percebidos pelo setor produtivo e pelo setor consumidor. Atualmente, não há mais dúvidas quanto às regras a serem seguidas para produtos utilizados no controle de pragas agrícolas à base de feromônios, vírus, bactérias, fungos, predadores e parasitoides. Todos esses produtos já podem ser registrados com tempo e custos menores, comparando-se com os agrotóxicos convencionais.

Mesmo com as dificuldades apontadas, o registro é a garantia de eficiência e qualidade e deve ser a meta principal dos que acreditam no potencial comercial dos produtos naturais para o controle de pragas e doenças de plantas, desenvolvidos após anos de pesquisa.

A busca dos direitos de propriedade intelectual, notadamente por meio de patentes de invenção, é um dos eixos sobre o qual se apoia a política de inovação que o Brasil adotou, cuja implantação ainda se encontra incipiente em muitas áreas do conhecimento. No entanto, é importante ressaltar que se trata de um processo, cujo aperfeiçoamento encontra-se intimamente vinculado à prática efetiva de cada uma de suas etapas. A própria Lei de Inovação (BRASIL, 2004) tem servido de estímulo a universidades, institutos de pesquisa e empresas para ingressarem no mundo da inovação tecnológica, ao traçar um roteiro estabelecendo as prerrogativas das instituições voltadas para esse objetivo. Apesar das críticas de vários setores, a Lei de Inovação (BRASIL, 2004) constitui o passo inicial que o Brasil dá rumo à competitividade e à independência tecnológica.

REFERÊNCIAS

Brasil. Decreto nº 635, de 21 de agosto de 1992. Promulga a Convenção de Paris para a proteção da Propriedade Industrial, revista em Estocolmo a 14 de julho de 1967. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 ago. 1992. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

_____. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 jan. 2002. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

_____. Lei 6.894, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 dez. 1980. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

_____. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 jul. 1989. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

_____. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 15 maio 1996. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 dez. 2003. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

_____. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e a pesquisa científica e tecnologia no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 3 dez. 2004. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BRASIL. Decreto nº 79.094, de 5 de janeiro de 1977. Regulamenta a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, que submete a sistema de vigilância sanitária os medicamentos, insumos farmacêuticos, drogas, correlatos, cosméticos, produtos de higiene, saneamento e outros. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 7 jan. 1977. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jan. 2009.

_____. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do

comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 15 jan. 2004. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

_____. Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976. Dispõe sobre a Vigilância Sanitária a que ficam sujeitos os Medicamentos, as Drogas, os Insumos Farmacêuticos e Correlatos, Cosméticos, Saneantes e Outros Produtos, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 set. 1976. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 jun. 2009.

MUDAS DE OLIVEIRA



Garantia de procedência, mudas padronizadas, qualidade comprovada e variedade identificada

Pedidos e informações:

EPAMIG Sul de Minas
CEP: 37517-000 - Maria da Fé - MG
e-mail: femf@epamig.br - Tel: (35) 3662-1227



Comercialização de produtos biológicos para o controle de doenças de plantas e pragas no Brasil

Trazilbo José de Paula Júnior¹

Madelaine Venzon²

Marcelo Augusto Boechat Morandi³

Wagner Bettiol⁴

Hudson Teixeira⁵

Resumo - Apresenta-se uma lista de diversos produtos à base de agentes de controle biológico de doenças de plantas e de pragas comercializados atualmente no Brasil. As informações foram obtidas em páginas eletrônicas de empresas produtoras e comercializadoras dos produtos e por meio de contato com responsáveis técnicos dessas empresas, bem como em universidades, instituições de pesquisa, órgãos fiscalizadores e periódicos científicos. Vale ressaltar que as referências a produtos comerciais não esgotam ou excluem outros produtos ou marcas, nem significa a preferência destes por parte dos autores ou da EPAMIG.

Palavras-chave: Controle alternativo. Controle biológico. Produto biológico. Produto de baixa toxicidade.

INTRODUÇÃO

O uso de agentes de controle biológico para o controle de doenças de plantas e de pragas ainda é limitado no Brasil, apesar da crescente demanda verificada nos últimos anos por produtos livres de resíduos de agrotóxicos e por uma agricultura que cause menores impactos sobre os recursos naturais. Segundo Bettiol et al. (2009), vários fatores contribuem para a adoção limitada do controle biológico. O principal destes fatores relaciona-se com a cultura desenvolvida por agricultores e por agentes de extensão rural (oficiais e privados), que utilizam e/ou recomendam exclusivamente agrotóxicos, pela facilidade de uso, divulgação e eficiência desses produtos

químicos. Bettiol et al. (2009) salientam, ainda, que outros fatores incluem a formação de agentes de assistência técnica e extensão rural centrada na recomendação de agrotóxicos, para a solução dos problemas fitossanitários, e o papel das indústrias de agrotóxicos na assistência técnica aos produtores. Entretanto, muitas doenças e pragas não têm sido controladas satisfatoriamente com fungicidas e inseticidas. Em muitos casos, apesar de serem obtidos níveis satisfatórios de controle, há contaminação considerável de produtos agrícolas e de aplicadores, bem como impactos negativos sobre o ambiente. Isso tem feito com que diversos produtores empreguem o controle biológico em associação com

práticas de manejo, em substituição ao uso de fungicidas e inseticidas.

Com o maior interesse dos produtores pelo controle biológico, diversas empresas e instituições de pesquisa brasileiras têm, recentemente, disponibilizado produtos comerciais à base de agentes biológicos (Quadros 1 e 2), apesar de existirem, ainda, inúmeros entraves, especialmente relacionados com a adequação da legislação para o seu registro. Entretanto, espera-se que a comercialização de produtos biológicos para o controle de doenças e pragas apresente crescimento acentuado nos próximos anos, no Brasil. Bettiol et al. (2009) destacam alguns fatores que podem levar a esse crescimento:

¹Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. U. R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: trazilbo@epamig.br

²Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: venzon@epamig.br

³Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000 Jaguariúna-SP. Correio eletrônico: mmorandi@cnpma.embrapa.br

⁴Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000 Jaguariúna-SP. Correio eletrônico: bettiol@cnpma.embrapa.br

⁵Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG ZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: hudson@epamig.br

QUADRO 1 - Produtos biológicos comercializados no Brasil para o controle de doenças de plantas

(continua)

Nome comercial	Agente biológico	Doença e/ou patógeno	Cultura	Formulação	Método de aplicação	Empresa produtora	Observações
Agrotrich®	Seis cepas de <i>Trichoderma</i> spp.	<i>Sclerotinia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Phomopsis</i> e <i>Roselinia</i>	Batata, feijão e tomate	10 ⁹ conídios/mL	Substrato (2 g/kg), tratamento de sementes (250 g/ha), solo com adubo (2 a 10 kg/ha)	Agrilife (www.agrilife.com.br)	Registro Especial Temporário no Brasil
Agrotrich Plus®	Seis cepas de <i>Trichoderma</i> spp.	<i>Sclerotinia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Phomopsis</i> e <i>Roselinia</i>	Batata, feijão e tomate	10 ⁹ conídios/mL	Tratamento de sementes (25 g/ha), pulverização ou gotejamento (0,4 a 1,0 kg/ha)	Agrilife (www.agrilife.com.br)	Registro Especial Temporário no Brasil
Bio safe®	<i>Bacillus subtilis</i>	Doenças foliares	Soja, feijão e algodão	10 ¹⁰ ufc/L	Pulverização (300 mL/ha)	Laboratório de Biocontrole Farroupilha Ltda. (www.sementesfarroupilha.com.br)	Em fase de registro
Biocerto Trichoderma®	<i>Trichoderma</i> spp.	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>F. solani</i>	Feijão	-	-	BioCerto Indústria e Comércio de Produtos Agropecuários Ltda. (www.biocerto.com.br)	Em fase de registro
Biotrich®	<i>Trichoderma</i> spp.	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Roselinia</i> , <i>Plasmodiophora</i>	Diversas	Pó-molhável e Premium (10 ¹⁰ ufc/g)	Pulverização ou via água de irrigação	Biovale Produtos Agropecuários Ltda. (www.biovale.com.br)	Em fase de registro
BN 14® e BN 15®	<i>Bacillus subtilis</i>	Diversas doenças foliares	Soja, batata, tomate, banana, algodão, milho, arroz e cana-de-açúcar	-	-	FMC Química do Brasil Ltda. (www.fmcagricola.com.br)	-
Clonosnat®	<i>Clonostachys rosea</i>	Mofo-cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)	Diversas culturas	Pó-molhável	Pulverização	Natural Rural (www.naturalrural.com.br)	Em fase de registro
Predatox®	<i>Trichoderma</i> sp.	Oídio, míldio e mofo-cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>)	Diversas culturas	-	-	Ballagro Agro Tecnologia Ltda. (www.ballagro.com.br)	Em fase de registro
Ecotrich ES®	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pythium</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Alface, algodão, batata, cebola, cenoura, gengibre, girassol, feijão, fumo, milho, morango, repolho, soja, tomate e trigo	Líquida	Pulverização (2 a 4 L/ha) ou tratamento de semente (200 mL/100 kg de sementes)	Ballagro Agro Tecnologia Ltda. (www.ballagro.com.br)	Registro Especial Temporário no Brasil
Hansfordia pulvinata	<i>Hansfordia pulvinata</i>	Mal-das-folhas (<i>Microcyclus ulei</i>)	Seringueira	-	-	Prefeitura de São José do Rio Claro (MT)	-
ICB Nutrisolo®	<i>Trichoderma viride</i> , <i>T. harzianum</i> , <i>T. koningii</i> e <i>Trichoderma</i> sp.	<i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i> e <i>Sclerotinia</i>	Diversas culturas	-	Direta no solo ou substrato	ICB Bioagritec Ltda. (www.icbbioagritec.com)	Em fase de registro

Nome comercial	Agente biológico	Doença e/ou patógeno	Cultura	Formulação	Método de aplicação	Empresa produtora	Observações
Nemaplus®	<i>Pseudomonas</i> spp.	Nematoides	Diversas culturas	-	-	Ballagro Agro Tecnologia Ltda. (www.ballagro.com.br)	Em fase de registro
Paecilomyces JCO®	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Nematoides (principalmente ovos)	Diversas culturas	Pó-molhável	Pulverização	JCO Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda. (www.jcofertilizantes.com.br)	Em fase de registro
Polyversum®	<i>Pythium oligandrum</i>	<i>Alternaria brassicae</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Tilletia caries</i> , <i>Plasmodiophora brassicaceae</i> , <i>Sphaerotheca humulil</i>	Canola, girassol, trigo, couve-flor, uva, lúpulo	-	Pulverização, tratamento de solo e sementes	Biopreparaty Ltd. (www.polyversum.eu)	Produto registrado em vários países; no Brasil, em fase de registro
Quality WG®	<i>Trichoderma asperellum</i>	Patógenos veiculados pelo solo	Soja, feijão e algodão	Grânulos dispersíveis em água (1,5 x 10 ¹⁰ ufc/g)	Tratamento de sementes (75 g/10 kg de semente de soja ou feijão e 400 g/100 kg de sementes de algodão); aplicação no sulco de plantio ou pós-emergência (100 g/ha)	Laboratório de Biocontrole Farroupilha Ltda. (www.sementesfarroupilha.com.br)	Em fase de registro
Serenade®	<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	<i>Xanthomonas</i> sp., <i>Leveillula taurica</i> , <i>Alternaria solani</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Uncinula necator</i> , <i>Erysiphe</i> sp., <i>Sphaerotheca</i> sp., <i>Didymella bryoniae</i> , <i>Mycosphaerella fijiensis</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Erwinia amylovora</i>	Tomate, pimentão, uva, cucurbitáceas, banana, manga, alface, maçã, pera, feijão	Grânulos dispersíveis em água e suspensão aquosa (1 a 7x10 ⁹ ufc/g)	Pulverização	AgraQuest Inc. (www.agraquest.com)	Registrado em diversos países, inclusive no Brasil
Sonata®	<i>Bacillus pumilus</i> QST2808	<i>Oidiopsis taurica</i> , <i>Erysiphe cichoracearum</i> , <i>Alternaria solani</i> , <i>Phytophthora infestans</i> , <i>Uncinula necator</i> , <i>Sphaerotheca macularis</i> , <i>Pseudoperonospora</i> sp., <i>Bremia lactucae</i> , <i>Peronospora</i> sp., <i>Podosphaera leucotrica</i>	Tomate, pimentão, batata, uva, cucurbitáceas, morango, alface, maçã, pera	Suspensão aquosa (10 ⁹ ufc/g)	Pulverização	AgraQuest Inc. (www.agraquest.com)	Registrado em diversos países, inclusive no Brasil
Trichodel®	<i>Trichoderma</i> spp.	<i>Botrytis</i> , <i>Plasmopora</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Glomerella</i> , <i>Botryosphaeria</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Monilinia</i> e outros	Alho, cebola, tomate, pepino, abóbora, batata, melão, melancia, banana, pimentão, uva, maçã, pêssego, roseiras, morango, hortaliças e citros	Pó-molhável ou líquida (10 ⁹ células viáveis/g ou mL)	Tratamento de sementes, pulverização, aplicação no solo, tratamento de mudas ou outros órgãos de propagação	Empresa Caxiense de Controle Biológico Ltda. (www.eccb.com.br)	Em fase de registro

Nome comercial	Agente biológico	Doença e/ou patógeno	Cultura	Formulação	Método de aplicação	Empresa produtora	Observações
Trichodermax® EC	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>T. asperellum</i>	Diversos patógenos, especialmente os veiculados pelo solo	Algodão, ameixa, arroz, batata, berinjela, cana-de-açúcar, caupi, crisântemo, feijão, fumo, girassol, jiló, maçã, mamão, mandioca, milho, morango, nectarina, nêspera, pêsego, pimenta, pimentão, rosa, soja, tomate, trigo e uva	-	-	Turfal Indústria e Comércio de Produtos Biológicos e Agrônômicos Ltda. (www.turfal.agr.br)	Registro Especial Temporário no Brasil
Trichodermil®	<i>Trichoderma harzianum</i> ESALQ-1306 e ESALQ-1303	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Phytophthora capsici</i> , <i>P. palmivora</i> , <i>Botrytis ricini</i> , <i>Fusarium</i> spp.	Feijão, soja, pimentão, mamão, mamona	Pó-molhável (5 x 10 ¹¹ conídios viáveis/kg), suspensão concentrada emulsionável (2 x 10 ¹² conídios viáveis/L)	Pulverização (convencional ou pivô)	Itaforte BioProdutos (www.itafortebioprodutos.com.br)	Registrado no Brasil
Trichonat EF®	<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Armillaria</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Venturia</i> , <i>Endothia</i> , <i>Diaporthe</i> , <i>Fusicladium</i> e <i>Crinipellis perniciosa</i>	Diversas culturas	-	Pulverização, aplicação direta no solo ou substrato, tratamento de sementes	Natural Rural (www.naturalrural.com.br)	Em fase de registro
Trichoplus JCO®	<i>Trichoderma</i> spp., <i>T. harzianum</i>	<i>Fusarium</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Macrophomina</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Cercospora</i> , <i>Phoma</i> , <i>Rosellinia</i> e <i>Phytophthora</i>	Diversas culturas	Pó-molhável e granulado	Pulverização, tratamento de sementes ou misturado ao adubo no sulco de plantio	JCO Indústria e Comércio de Fertilizantes Ltda. (www.jcofertilizantes.com.br)	Em fase de registro
Tricovab®	<i>Trichoderma stromaticum</i>	Vassoura-de-bruxa (<i>Moniliophthora perniciosa</i>)	Cacau	Conídios vivos de <i>T. stromaticum</i> aderidos em grãos de arroz secos (10 ⁶ conídios/g)	Pulverização dirigida às vassouras e frutos amontoados sobre o solo ou serrapilheira	Ceplac - Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (www.ceplac.gov.br)	Em fase de registro

FONTE: Dados básicos: Bettiol et al. (2009).

- a) novas políticas públicas para a adoção ampla da agricultura de base ecológica;
- b) pressão da sociedade por alimentos livres de agrotóxicos;
- c) maior conscientização dos problemas de contaminação ambiental e dos alimentos com agrotóxicos;
- d) discussão ampla sobre as mudanças climáticas globais.

No mercado brasileiro, são comercializados atualmente diversos produtos à base de agentes para o biocontrole. Entretanto, comparando-se com outros países, o número de produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) ainda é muito reduzido (BRASIL, 2009). Considerando as perdas causadas por fitopatógenos e pragas, a importância do desenvolvimento de alternativas menos agressivas ao homem e ao ambiente e a disponibilidade de agentes biológicos eficazes, fazem-se necessários o desenvolvimento de produtos e/ou a introdução

daqueles disponíveis em outros países, para o manejo de doenças e pragas no Brasil.

PRODUTOS BIOLÓGICOS PARA O CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS

No Quadro 1 são listados, em ordem alfabética, diversos produtos à base de agentes de controle biológico, comercializados no Brasil e indicados para o controle de doenças de plantas. O processo de registro de novos produtos no MAPA é bastante dinâmico. Assim, as informações apresentadas refletem a situação de maio de 2009 e foram obtidas em páginas eletrônicas de empresas produtoras e comercializadoras dos produtos e por meio de contato com responsáveis técnicos dessas empresas, bem como em universidades, instituições de pesquisa, órgãos fiscalizadores e periódicos científicos. É importante mencionar que as referências a produtos comerciais não esgotam ou excluem outros produtos ou marcas, nem significa a preferência destes por parte dos autores ou da EPAMIG. Para

cada produto são apresentadas informações básicas, como nome comercial, agente biológico, doenças e patógenos visados, modo de ação, formulações disponíveis, período de armazenamento, métodos de aplicação, registro e comercialização e empresa produtora.

PRINCIPAIS AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO UTILIZADOS EM PRODUTOS COMERCIAIS PARA O CONTROLE DE PRAGAS

No Quadro 2, estão listados diversos produtos à base de agentes de controle biológico, comercializados no Brasil e indicados para o controle de pragas. Para cada caso, apresentam-se a categoria do agente biológico, a espécie, os nomes comerciais (quando disponíveis), as pragas controladas, as culturas para as quais o produto é recomendado e as empresas produtoras. São destacados os produtos que possuem registro no MAPA.

QUADRO 2 - Produtos biológicos comercializados no Brasil para o controle de pragas

(continua)

Agente de controle biológico	Espécie	Nome comercial	Praga-alvo	Cultura	Empresa
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Agree	<i>Ecdytolopha aurantiana</i> , <i>Diaphania hyalinata</i> , <i>Diaphania nitidalis</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Neoleucinodes elegantalis</i> , <i>Tuta absoluta</i>	Citros, melão, pepino, repolho, tomate	Biocontrole (www.biocontrole.com.br)
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Bac-Control WP	<i>Diaphania nitidalis</i> , <i>Diaphania hyalinata</i> , <i>Colias lesbia pyrrhothea</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Alabama argillacea</i> , <i>Heliothis virescens</i> , <i>Eacles imperialis magnifica</i> , <i>Mocis latipes</i> , <i>Anticarsia gemmatilis</i> , <i>Ascia monuste orseis</i> , <i>Trichoplusia ni</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Ecdytolopha aurantiana</i> , <i>Brassolis sophorae</i> , <i>Manduca sexta paphus</i> , <i>Heliothis virescens</i> , <i>Helicoverpa zea</i>	Abóbora, alfafa, algodão, amendoim, arroz, brócolis, café, cana-de-açúcar, citros, coco, couve, couve-flor, fumo, mandioca, melancia, melão, pastagens, pepino, repolho, soja, tomate	Vector Control Indústria e Comércio de Produtos Agropecuários Ltda.
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Bactur WP	<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Soja	Milenia Agrociências S.A. (www.milenia.com.br)

(continuação)

Agente de controle biológico	Espécie	Nome comercial	Praga-alvo	Cultura	Empresa
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Dipel	<i>Condylorrhiza vestigialis</i> , <i>Trichoplusia ni</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Alabama argillacea</i> , <i>Thyrinteina arnobia</i> , <i>Heliothis virescens</i> , <i>Ecdytoplopha aurantiana</i> , <i>Diaphania hyalinata</i> , <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Ascia monuste orseis</i> , <i>Pseudoplusia includens</i> , <i>Pseudaletia sequax</i>	Álamo, algodão, citros, eucalipto, melão, repolho, soja, tomate, trigo	Sumitomo Chemical do Brasil Repres. Ltda (www.sumitomo.com.br)
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Dipel WG	<i>Alabama argillacea</i> , <i>Ecdytoplopha aurantiana</i> , <i>Grapholita molesta</i> , <i>Diaphania nitidalis</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Tuta absoluta</i> , <i>Arcyrotænia sphaleropa</i>	Algodão, citros, maçã, melão, repolho, soja, tomate, uva	Sumitomo Chemical do Brasil Repres. Ltda (www.sumitomo.com.br)
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Dipel WP	<i>Strymon basalides</i> , <i>Diaphania hyalinata</i> , <i>Diaphanianitidalis</i> , <i>Colias lesbia pyrrhothea</i> , <i>Mocis latipes</i> , <i>Alabama argillacea</i> , <i>Heliothis virescens</i> , <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Ascia monuste orseis</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Trichoplusia ni</i> , <i>Eacles imperialis magnifica</i> , <i>Ecdytoplopha aurantiana</i> , <i>Brassolis astyra astyra</i> , <i>Brassolis sophorae</i> , <i>Manduca sexta paphus</i> , <i>Erinnys ello</i> , <i>Pseudoplusia includens</i> , <i>Helicoverpa zea</i>	Abacaxi, abóbora, alfafa, algodão, amendoim, brócolis, café, cana-de-açúcar, citros, coco, couve, fumo, melancia, melão, pastagens, pepino, repolho, soja, tomate	Sumitomo Chemical do Brasil Repres. Ltda (www.sumitomo.com.br)
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Xentari	<i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Ascia monuste orseis</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Tuta absoluta</i>	Algodão, brócolis, couve, repolho, tomate	Sumitomo Chemical do Brasil Repres. Ltda. (www.sumitomo.com.br)
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Ecotech Pro	<i>Diaphania nitidalis</i> , <i>Ecdytoplopha aurantiana</i> , <i>Ascia monuste orseis</i> , <i>Brassolis sophorae</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Tuta absoluta</i>	Abobrinha, citros, coco, couve, repolho, tomate	Mitsui Brasileira Importação e Exportação S.A. (www.mitsuibr.com.br)
Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	⁽¹⁾ Thuricide	<i>Mocis latipes</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Alabama argillacea</i> , <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Mocis latipes</i> , <i>Trichoplusia ni</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Brassolis astyra astyra</i> , <i>Brassolis sophorae</i> , <i>Manduca sexta paphus</i> , <i>Dione juno juno</i> , <i>Erinnys ello</i> , <i>Pseudoplusia includens</i> , <i>Rachiplusia nu</i>	Alfafa, algodão, amendoim, arroz, batata, brócolis, cana-de-açúcar, coco, couve, couve-flor, fumo, mandioca, maracujá, milho, pastagens, repolho, seringueira, soja, trigo	Iharabras S.A. Indústria Químicas (www.ihara.com.br)

(continuação)

Agente de controle biológico	Espécie	Nome comercial	Praga-alvo	Cultura	Empresa
Fungo	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Metarriz Biocontrol	<i>Mahanarva fimbriolata</i>	Cana-de-açúcar, pastagem	Biocontrol (www.biocontrol.com.br)
Fungo	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Metarhizium JCO	Cigarrinha-verde, cigarrinha-das-raízes e folhas da cana-de-açúcar, cigarrinhas-das-pastagens, tripes e cupins-de-montículos	Cana-de-açúcar, pastagens, outras culturas	JCO Indústria e Comércio de Fertilizantes (www.jcofertilizantes.com.br)
Fungo	<i>Metarhizium anisopliae</i>	⁽¹⁾ Metarril WP E9	<i>Mahanarva fimbriolata</i>	Cana-de-açúcar	Itaforte Bio produtos (www.itaforte.com.br)
Fungo	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Metanat PM	Tripos, cigarrinha-das-pastagens, cigarrinha-da-cana-de-açúcar, cochonilhas, cupins, pulgões, percevejos e gafanhotos	Cana-de-açúcar, pastagens, outras culturas	Natural Rural (www.naturalrural.com.br)
Fungo	<i>Beauveria bassiana</i>	⁽¹⁾ Boveril WP PL 63	<i>Tetranychus urticae</i>	Crisântemo	Itaforte Bio produtos (www.itaforte.com.br)
Fungo	<i>Beauveria bassiana</i>	Beauveria JCO	Mosca-branca, broca-do-café, moleque-da-bananeira e percevejo-da-soja.	Café, banana, soja e outras culturas	JCO Indústria e Comércio de Fertilizantes (www.jcofertilizantes.com.br)
Fungo	<i>Beauveria bassiana</i>	Bovenat PM	Moleque-da-bananeira, moscas-brancas, broca-do-café, lagartas-desfolhadoras, ácaros	Café, banana, outras culturas	Natural Rural (www.naturalrural.com.br)
Vírus	<i>Baculovirus anticarsia</i>	⁽¹⁾ Baculovirus Nitral	<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Soja	Nitral Urbana (www.nitralurbana.com.br)
Vírus	<i>Baculovirus anticarsia</i>	Baculo Soja	<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Soja	Turfal (www.turfal.agr.br)
Vírus	<i>Baculovirus anticarsia</i>	⁽¹⁾ Protege	<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Soja	Milénia Agrociências S.A. (www.milenia.com.br)
Vírus	<i>Baculovirus anticarsia</i>	⁽¹⁾ Baculovirus AEE	<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Soja	Associação dos Empregados da Embrapa AEE CNPSoja
Vírus	<i>Baculovirus anticarsia</i>	⁽¹⁾ Coopervírus PM	<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Soja	Coodetec-Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (www.coodetec.com.br)
Parasitoide	<i>Trichogramma pretiosum</i>	-	<i>Helicoverpa zea</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Alabama argillacea</i> , <i>Tuta absoluta</i> , <i>Anticarsia gemmatilis</i> , <i>Pseudoplusia</i> spp.	Tomate, milho, soja	BUG Agentes Biológicos (www.bugbrasil.com.br)
Parasitoide	<i>Trichogramma galloi</i>	-	<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	BUG Agentes Biológicos (www.bugbrasil.com.br)
Parasitoide	<i>Trichogramma atopovirilia</i>	-	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Milho	BUG Agentes Biológicos (www.bugbrasil.com.br)

(conclusão)

Agente de controle biológico	Espécie	Nome comercial	Praga-alvo	Cultura	Empresa
Parasitoide	<i>Trichogramma</i> spp.	-	Lepidópteros	Não especificado	Megabio Produtos (www.megabio.com.br)
Parasitoide	<i>Cotesia flavipes</i>	-	<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	BUG Agentes Biológicos (www.bugbrasil.com.br)
Parasitoide	<i>Cotesia flavipes</i>	-	<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	megabio Produtos (www.megabio.com.br)
Parasitoide	<i>Cotesia flavipes</i>	Cotesia Biocontrol	<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	Biocontrol (www.biocontrol.com.br)
Parasitoide	<i>Cotesia flavipes</i>	-	<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	Cebrasa Centro Brasileiro de Soluções Ambientais (www.cebrasa.agr.br)
Parasitoide	<i>Cotesia flavipes</i>	-	<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	BioResult Comércio de Agentes Biológicos, (www.bioresult.com.br)
Parasitoide	<i>Cotesia flavipes</i>	-	<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	Cetma Controle Biológico (www.cetma.com.br)
Parasitoide	<i>Cotesia flavipes</i>	-	<i>Diatraea saccharalis</i>	Cana-de-açúcar	BioHengel (www.hengel.com.br)
Predador	<i>Neoseiulus californicus</i>	-	<i>Tetranychus urticae</i>	Ornamentais, hortaliças e fruteiras	Promip (www.promip.agr.br)
Predador	<i>Phytoseiulus longipes</i>	-	<i>Tetranychus urticae</i> , <i>Tetranychus evansi</i>	Tomate, berinjela, jiló e outras solanáceas	Promip (www.promip.agr.br)
Predador	<i>Phytoseiulus macropilis</i>	-	<i>Tetranychus urticae</i>	Ornamentais, hortaliças, fruteiras	Promip (www.promip.agr.br)
Predador	<i>Stratiolaelaps scimitus</i>	-	<i>Rhizoglyphus</i> spp., Collembola, <i>Bradysia</i> spp.	Cogumelos, mudas de citros, eucalipto, fumo, hortaliças e ornamentais	Promip (www.promip.agr.br)
Predador	<i>Chrysoperla externa</i>	-	Cochonilhas, moscas-brancas, pulgões, tripses, mosca-negra	Ornamentais, hortaliças e fruteiras	Promip (www.promip.agr.br)
Predador	<i>Orius insidiosus</i>	-	Tripses	Ornamentais, hortaliças e fruteiras	Promip (www.promip.agr.br)

(1)Produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

REFERÊNCIAS

BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B.; PINTO, Z.V.; PAULA JÚNIOR, T.J.; CORREA, E.B.; MOURA, A.B.; LUCON, C.M.M.; COSTA, J.C.; BEZERRA, J.L. Bioprotetores comerciais para doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo,

v.17, p.111-147, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário. Brasília, [2009]. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/primeira_pagina/extranet/AGROFIT.htm>. Acesso em: 21 jul. 2009.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, bimestral, de caráter técnico-científico e tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa agropecuária, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, empresários e demais interessados. É peça importante para difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Difusão de Tecnologia e Publicações da EPAMIG, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá um coordenador técnico, responsável pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados em CD-ROM ou pela Internet, no programa Word, fonte Arial, corpo 12, espaço 1,5 linha, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

Os quadros devem ser feitos também em Word, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla *Enter* para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de um quadro.

Os gráficos devem ser feitos em Excel e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 5 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter autoria. Podem ser enviadas em papel fotográfico (9 x 12 cm ou maior), cromo (*slide*) ou digitalizadas. As foto-grafias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm e ser enviadas em CD-ROM ou ZIP disk, preferencialmente em arquivos de extensão TIFF ou JPG.

Não serão aceitas fotografias já escaneadas, incluídas no texto, em Word. Enviar os arquivos digitalizados, separadamente, nas extensões já mencionadas (TIFF ou JPG, com resolução de 300DPIs).

Os desenhos devem ser feitos em nanquim, em papel vegetal, ou em computador no Corel Draw. Neste último caso, enviar em CD-ROM ou pela Internet. Os arquivos devem ter as seguintes extensões: TIFF, EPS, CDR ou JPG. Os desenhos não devem ser copiados ou tirados de Home Page, pois a resolução para impressão é baixa.

PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os colaboradores técnicos da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo coordenador técnico, pela Revisão e pela Normalização. A não-observância a essas normas trará as seguintes implicações:

- os colaboradores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- os colaboradores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo coordenador técnico.

O coordenador técnico deverá entregar à Divisão de Publicações (DVPU) da EPAMIG os originais dos artigos em CD-ROM ou pela Internet, já revisados tecnicamente, 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão lingüística e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer a seguinte seqüência:

- título:** deve ser claro, conciso e indicar a idéia central, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem a sua compreensão;
- nome do(s) autor(es):** deve constar por extenso, com numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e endereço. Exemplo: Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: epamig@ufla.br;
- resumo:** deve constituir-se em um texto conciso (de 100 a 250 palavras), com dados relevantes sobre a metodologia, resultados principais e conclusões;
- palavras-chave:** devem constar logo após o resumo. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título;
- texto:** deve ser dividido basicamente em: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e enfatizar o objetivo do artigo;
- agradecimento:** elemento opcional;
- referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicação de Artigos, Resumos Expandidos e Circulares Técnicas” da EPAMIG, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

NOTA: Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicação de Artigos, Resumos Expandidos e Circulares Técnicas” da EPAMIG. Para consultá-lo, acessar: www.epamig.br, entrando em Publicações ou Biblioteca/Normalização.

Para vislumbrar o futuro, é preciso olhar longe.



Ou bem de perto.



A FAPEMIG investe em pesquisa de norte a sul do Estado e em todas as áreas do conhecimento. Longe ou perto, com perspectivas macro ou microscópicas, sua meta é promover o desenvolvimento, através do apoio à Ciência, Tecnologia e Inovação.

Para conhecer a FAPEMIG,
visite a nossa homepage:
<http://www.fapemig.br>

FAPEMIG



Mais uma vocação do Nordeste no agronegócio: o crédito do BNB.

Banco do Nordeste: semeando crescimento para quem trabalha com o agronegócio.

O Banco do Nordeste oferece sempre as melhores oportunidades de investimento, com os juros mais baixos e prazos mais longos, feitos sob medida para pequenos, médios e grandes empresários do setor. Além disso, o BNB disponibiliza toda orientação e informação necessárias aos empreendedores que desejam implantar algum tipo de agronegócio. E o que não falta no Nordeste são oportunidades de investimento. Seja na agricultura irrigada, agroindústrias para processamento de frutas, grãos – soja, milho, feijão e café –, pecuária de corte e de leite ou caprinocultura. Conheça mais os nossos produtos e serviços e descubra que o seu negócio tem tudo para dar bons frutos no Nordeste.

Cliente Consulta | Ouvidoria: 0800 728 3030
clienteconsulta@bnb.gov.br • www.bnb.gov.br



**Banco do
Nordeste**

