

3

Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos

Wagner Bettiol

Raquel Ghini

Introdução

A preocupação da sociedade com o impacto da agricultura no ambiente e a contaminação da cadeia alimentar com agrotóxicos vem alterando o cenário agrícola, resultando na presença de segmentos de mercado ávidos por produtos diferenciados, tanto aqueles produzidos sem uso de agrotóxicos, como aqueles portadores de selos que garantem que os agrotóxicos foram utilizados adequadamente.

Essas pressões têm levado ao desenvolvimento de sistemas de cultivo mais sustentáveis e, portanto, menos dependentes do uso de agrotóxicos. O conceito de agricultura sustentável envolve o manejo adequado dos recursos naturais, evitando a degradação do ambiente de forma a permitir a satisfação das necessidades humanas das gerações atuais e futuras (Bird et al., 1990). Esse enfoque altera as prioridades dos sistemas convencionais de agricultura em relação ao uso de fontes não renováveis, principalmente de energia, e muda a visão sobre os níveis adequados do balanço entre a produção de alimentos e

os impactos no ambiente. As alterações implicam na redução da dependência de produtos químicos e outros insumos energéticos e no maior uso de processos biológicos nos sistemas agrícolas.

A proteção de plantas com métodos convencionais, por meio do uso de agrotóxicos, apresenta características bastante atraentes, como a simplicidade, a previsibilidade e a necessidade de pouco entendimento dos processos básicos do agroecossistema para a sua aplicação. Por exemplo, para obter-se sucesso com a aplicação de um herbicida de amplo espectro é importante o conhecimento de como aplicar o produto, sendo necessária pouca informação sobre a ecologia e a fisiologia de espécies. Muitos estudos de controle biológico adotam uma abordagem semelhante, onde é enfatizado o encontro entre patógeno-antagonista ou presa-predador. Nesses casos, após a introdução, por exemplo, de um agente microbiano de controle biológico, haverá o seu estabelecimento em um nicho, seguido da interação com o organismo alvo e outras espécies de organismos. Essas complexas interações são fundamentais para o sucesso do controle, devendo ser analisadas de modo holístico e consideradas a longo, e não a curto prazo. Assim sendo, há a necessidade de um amplo conhecimento da ecologia de sistemas (Atkinson & McKinlay, 1995).

Em contraste com a agricultura convencional, os sistemas alternativos buscam obter vantagens das interações de ocorrência natural. Os sistemas alternativos dão ênfase ao manejo das relações biológicas, como aquelas entre praga e predadores, e em processos naturais, como a fixação biológica do nitrogênio ao invés do uso de métodos químicos. O objetivo é aumentar e sustentar as interações biológicas nas quais a produção agrícola está baseada, ao invés de reduzir e simplificar essas interações (National Research Council, 1989).

Um dos principais problemas da agricultura sustentável refere-se ao controle de doenças, pragas e plantas invasoras. Diversas técnicas utilizadas para minimizar os danos ocasionados por esses problemas fitossanitários contaminam o ambiente ou causam alterações que comprometem a sustentabilidade do

agrossistema. Neste capítulo, são discutidos os problemas do controle fitossanitário convencional; a complexidade dos sistemas naturais e dos agroecossistemas; as novas tecnologias de proteção de plantas desenvolvidas e as possíveis alterações dos sistemas de cultivo, visando à sustentabilidade agrícola.

Problemas do controle convencional

O uso intensivo de agrotóxicos na agricultura tem, reconhecidamente, promovido diversos problemas de ordem ambiental, como a contaminação dos alimentos, do solo, da água e dos animais; a intoxicação de agricultores; a resistência de patógenos, de pragas e de plantas invasoras a certos agrotóxicos; o desequilíbrio biológico, alterando a ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica; a eliminação de organismos benéficos e a redução da biodiversidade.

Boa parte dos agrotóxicos aplicados no campo é perdida. Estima-se que cerca de 90% dos agrotóxicos aplicados não atingem o alvo, sendo dissipados para o ambiente e tendo como ponto final reservatórios de água e, principalmente, o solo. As perdas se devem, de forma geral, à aplicação inadequada, tanto em relação à tecnologia, quanto ao momento de aplicação. Em alguns casos, porque a aplicação foi feita para proteger as plantas contra pragas ou patógenos que não estão presentes na área, ou seja, são realizadas pulverizações baseadas em calendários e não na ocorrência do problema. O uso de uma significativa quantidade de produtos químicos seria evitado se fossem tomadas medidas de controle somente quando atingidos os níveis de dano econômico.

O uso contínuo e exclusivo de agrotóxicos tem resultado na ocorrência de pragas ou patógenos resistentes a determinados produtos, que nem sempre são diagnosticadas (Ghini & Kimati, 2000). Assim, esses agrotóxicos continuam a ser aplicados, mesmo tendo sua eficiência comprometida pela ocorrência de resistência no organismo-alvo. Os efeitos dessas aplicações nos orga-

nismos não-alvo também podem causar sérios desequilíbrios no agroecossistema. O surgimento de doenças iatrogênicas (as que ocorrem devido ao uso de agrotóxicos) é um exemplo de problema que pode ocorrer. Vários aspectos do surgimento de pragas e doenças devido ao uso de agrotóxicos são discutidos por Chaboussou (1987).

Quanto à tecnologia de aplicação, a maior parte dos equipamentos apresenta baixa eficiência com relação à quantidade de produto que atinge o alvo e a quantidade total aplicada. Dessa forma, há necessidade do desenvolvimento de equipamentos para aplicação dos agrotóxicos, especialmente para os novos produtos que são aplicados em menores quantidades de princípio ativo por área.

Atualmente, sabe-se que é impossível erradicar patógenos, insetos ou plantas invasoras no campo e que, além de tudo, isso é desnecessário. Enquanto na agricultura convencional a recomendação é de que as invasoras são um obstáculo a ser superado, na agricultura orgânica tenta-se tirar proveito desse recurso para o processo produtivo. Incorporam-se os efeitos positivos das invasoras na ciclagem de nutrientes, no aporte de matéria orgânica ao solo, no controle da erosão, como abrigo de inimigos naturais e de predadores, como substrato para microrganismos do solo, como cobertura do solo e como importante fator na conservação da água no solo. As plantas invasoras contribuem também para a diversificação dos agroecossistemas e são um indicador das condições em que se encontra o solo no tocante à fertilidade, à estrutura e à compactação, dentre outros aspectos (Costa & Campanhola, 1997).

Porém, a tomada de decisão depende de informações seguras. Gravena et al. (1998), por exemplo, realizando o manejo ecológico de pragas e doenças do tomateiro envarado, demonstraram a possibilidade de reduzir acen-tuadamente o número de aplicações de inseticidas e fungicidas com o manejo ecológico de tripes, pulgão, mosca branca, traça, broca pequena, requeima, pinta preta e vira-cabeça, sem alterar a produtividade.

Sistemas naturais *versus* agroecossistemas

As doenças de plantas ocorrem na natureza com o objetivo de, em parte, manter o equilíbrio biológico e a ciclagem de nutrientes, sendo, desse ponto de vista, benéficas. O que se observa é que as doenças e as pragas ocorrem na forma endêmica. Não ocorrem epidemias que poderiam destruir as espécies vegetais, haja vista que colocaria em risco a sobrevivência dos patógenos e das pragas. Porém, as epidemias são freqüentes em agroecossistemas, pois com a interferência humana, há alteração do equilíbrio da natureza. Uma das condições que favorecem o aumento da população de patógenos e pragas de forma epidêmica é o cultivo de plantas geneticamente homogêneas, o que é contrário à diversidade de variedades (Bergamin et al., 1995).

O resgate dos princípios e mecanismos que operam nos sistemas da natureza pode auxiliar a obtenção de sistemas agrícolas mais sustentáveis (Colégio, 1996; Reijntjes et al., 1992). Por isso, os sistemas de cultivo caracterizados pela mistura de culturas (policulturas ou consórcios) apresentam diversas vantagens na proteção de plantas. A freqüência de insetos-praga é menos abundante nas policulturas do que nas monoculturas, além do que vários mecanismos que diminuem a ocorrência de doenças operam favoravelmente na proteção de plantas das policulturas. Por exemplo, as espécies suscetíveis podem ser cultivadas em densidades menores, e o espaço entre elas pode ser ocupado por plantas resistentes que interessam ao produtor. A menor densidade de plantas suscetíveis e a barreira oferecida pelas plantas resistentes dificultam a disseminação do patógeno, reduzindo a quantidade de inóculo no campo (Liebman, 1989). Efeito semelhante é obtido com o uso de multilinhas, isto é, a mistura de linhagens agronomicamente semelhantes, mas que diferem entre si por apresentarem diferentes genes de resistência vertical. Além do aumento da diversidade no espaço, o aumento da diversidade no tempo, por meio da rotação de culturas, também faz com que os processos biológicos auxiliem a proteção de plan-

tas, como por exemplo, no controle de diversos fitopatógenos veiculados pelo solo (van Bruggen, 1995).

Uma outra forma de aumentar a diversidade, e conseqüentemente a complexidade do sistema, é o cultivo em faixas. As culturas devem ser de famílias diferentes, assim, os patógenos e as pragas de uma não atingem a outra e há uma redução da ocorrência dos problemas relacionados com a proteção de plantas. Essa seqüência pode ser usada nos cultivos de inverno, verão e, no ciclo seguinte as áreas são invertidas para funcionar como rotação de cultura no tempo e no espaço. No caso de plantas perenes, esse conceito pode ser até mais amplo, cultivando-se diferentes espécies florestais e formando-se uma agrofloresta. O uso dessa prática, além de trazer vantagens da redução do uso de agrotóxicos, reduz o risco econômico, pois há maior diversificação da renda. Nesse caso, precisa-se também utilizar adequadamente as plantas invasoras, selecionando as que poderão ser benéficas do ponto de vista nutricional e de equilíbrio biológico. As entrelinhas devem sempre estar cobertas por vegetação. Um exemplo desse manejo é o cultivo de seringueira na Amazônia consorciado com espécies nativas. Nesse sistema, a principal doença da seringueira, o mal-das-folhas, é controlada com o manejo integrado, isto é, a combinação dos controles genético, cultural e biológico. O controle genético ocorre devido ao uso de diversos clones de seringueira; o cultural, pelo plantio de espécies diferentes, como dendê, mogno, entre outros, e o biológico, pela multiplicação e/ou aplicação de microrganismos antagônicos (*Hansfordia pulvinata* (Berk. & Curt) Hugues) ao *Microcyclus ulei* (P. Henn.) v. Arx., agente causal da doença.

Trenbath (1993) explica que vários mecanismos podem estar associados à redução da ocorrência de pragas e doenças em cultivos consorciados, sendo os principais: (1) alterações nas características da planta hospedeira, tornando-as menos atraentes para as pragas ou reduzindo as chances de infecção, devido às alterações no crescimento da planta e no microclima; (2) efeitos diretos nas pragas ou patógenos devido às condições impostas pela

menor concentração de hospedeiros, que resultam em chances menores de encontrarem plantas suscetíveis e, portanto, na redução da sua sobrevivência e fecundidade; (3) efeitos indiretos nas pragas ou patógenos devido às maiores diversidade e quantidade de inimigos naturais ou antagonistas que possuem chances de sobreviver nos microhabitats disponíveis.

A diversificação de culturas nas propriedades rurais, além dos benefícios agrônômicos e econômicos, traz benefícios sociais, pois estende a estação de trabalho dos empregados rurais, sendo esse aspecto parte integrante da sustentabilidade. Entretanto, a indiscriminada diversificação da vegetação dentro de um agroecossistema pode não resultar na redução do risco de ocorrência de pragas e doenças. Os efeitos de combinações planejadas de plantas devem ser estudados criteriosamente antes da sua aplicação em programas de manejo.

Novas tecnologias e sustentabilidade

O desenvolvimento tecnológico tem colaborado para a adoção de sistemas mais sustentáveis, pois muitas dessas tecnologias foram desenvolvidas com ênfase na sustentabilidade e na conservação do ambiente. O uso de feromônios sexuais sintéticos de insetos-pragas permite uma considerável redução do uso de inseticidas e, conseqüentemente, do impacto ambiental. O controle de *Carpocapsa* da macieira já é realizado exclusivamente com feromônios em diversas localidades dos USA e Europa. As tecnologias de agricultura de precisão permitem o emprego de agrotóxicos apenas nas reboleiras onde ocorre a doença, a praga ou a planta invasora e não em toda a área, reduzindo sensivelmente o uso do controle químico. Nesse caso, a tecnologia aumenta a eficiência, minimiza os impactos ambientais e aumenta a competitividade do produto agrícola.

Também técnicas como o controle biológico e físico estão sendo desenvolvidas e muitas estão em uso, tais como: termoterapia de órgãos de

propagação e frutos; energia solar para controle de fitopatógenos do solo (solarização); radiação ultravioleta para o controle de patógenos em pós-colheita; emprego em estufas de cortinas que filtram determinados comprimentos de onda com conseqüente controle de doenças e pragas; premunização de plantas cítricas contra a tristeza dos citros e de plantas de abóbora contra o mosaico comum; *Baculovirus anticarsia* para o controle da lagarta da soja; controle da vespa da madeira com o nematóide *Delademus siricidicola*; *Bacillus thuringiensis* para o controle de larvas de lepidópteras; controle da broca da cana-de-açúcar com *Cotesia flavipes*; controle de numerosas pragas com óleo e extrato de nim (*Azadirachta indica*); leite de vaca, cru e diluído, para o controle de Oídios; controle de patógenos veiculados pelo solo causadores do tombamento do fumo com *Trichoderma* e outros. Também as técnicas de manejo integrado e manejo ecológico de pragas e doenças conduzem a sensíveis reduções de uso de agrotóxicos, com vantagens econômicas e ambientais. Abreu Junior (1998) apresenta uma coletânea de receitas para proteção de plantas e animais, utilizando especialmente produtos naturais, que podem ser adotadas em sistemas alternativos. Uma análise da agricultura alternativa no estado de São Paulo e informações sobre técnicas adotadas são descritas por Costa & Campanhola (1997). Essas tecnologias conduzem a um maior equilíbrio do agroecossistema, mas para serem empregadas exigem um melhor nível tecnológico dos agricultores.

O uso de cultivares resistentes é fundamental para os sistemas agrícolas alternativos. Trata-se de um método barato e de fácil utilização para o controle de importantes doenças e pragas (Innes, 1995). Porém, os métodos de melhoramento aplicados para a obtenção de variedades resistentes utilizadas nos sistemas convencionais nem sempre são os mais eficientes para os sistemas alternativos. Os agricultores orgânicos, por exemplo, são orientados no sentido de optar por espécies vegetais compatíveis com o ecossistema e utilizar sementes produzidas de forma diferenciada, para cada realidade ecológica. Mas, de modo geral, tem-se lançado mão de sementes disponíveis no mercado, melhoradas e produzidas de forma convencional (Costa & Campanhola, 1997).

O resgate de métodos de controle cultural é muito importante para a proteção de plantas em sistemas alternativos de cultivo. Entre as práticas estão a eliminação de plantas ou parte de plantas doentes (*roguing*), preparo e irrigação do solo de forma adequada, época e densidade de plantio, barreiras físicas (quebra-ventos), cultivo em ambiente protegido, enxertia e poda, entre outros. Nem sempre essas técnicas isoladamente são suficientes para a obtenção de um controle adequado, mas são fundamentais para o manejo integrado de pragas e doenças.

Outro aspecto importante é o equilíbrio nutricional das plantas. Normalmente, a adubação é baseada nas necessidades de NPK, não se considerando os micronutrientes e outros elementos que podem ser benéficos para as plantas. Diversos trabalhos mostram os efeitos dos nutrientes sobre doenças de plantas, e conseqüentemente a redução da necessidade de controle com uma equilibrada nutrição de plantas. Esses efeitos são amplamente discutidos no livro *Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro and microelements* (Engelhard, 1989).

O uso de matéria orgânica, tanto por meio de incorporação ao solo, como após transformação para posterior uso, deve ser considerado como método alternativo de controle de doenças, pragas e plantas invasoras. Uma das transformações conhecidas é a digestão anaeróbia ou aeróbia, cujo produto é denominado biofertilizante, e pode ser usado em pulverizações foliares ou aplicações diretas ao solo (Bettiol et al. 1998). Uma das principais características do biofertilizante é a presença de microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, produção de gás e liberação de metabólitos, entre eles, antibióticos e hormônios. Assim, quanto mais ativa e diversificada a matéria-prima do biofertilizante, maior a possibilidade de liberação de diferentes substâncias orgânicas. Além disso, o biofertilizante atua devido ao considerável efeito nutricional para as plantas, face à presença de macro e micronutrientes. Dessa forma, a ação conjunta de diversos mecanismos é responsável pelo controle obtido.

O efeito de fontes de matéria orgânica na severidade de doenças de plantas depende do tipo de material utilizado, da relação C:N e do tempo

decorrido da incorporação. De modo geral, solos supressivos apresentam maior atividade da microbiota do que solos conducentes. Assim, a adição regular de fontes adequadas de matéria orgânica pode induzir supressividade por estimular a atividade de decompositores primários, principalmente bactérias, fungos e outros organismos como ácaros, nematóides e artrópodos, como *Collembola*, que podem ter importante função no controle de fitopatógenos (Larley et al., 1994). Os decompositores primários podem atuar como antagonistas de fitopatógenos por competição por nutrientes, antibiose e parasitismo, enquanto que a micro e mesofaunas podem contribuir para o controle por predação (van Bruggen, 1995). Um exemplo clássico de controle de doenças em sistema orgânico é a supressão de *Phytophthora cinnamomi* Rands. em abacate, na Austrália (Malajczuk, 1983). Altos teores de matéria orgânica foram mantidos na camada superficial dos solos dos pomares. O principal mecanismo de ação foi o aumento da lise de hifas por bactérias e actinomicetos. A atividade predadora da microfauna, em particular de diversas amebas, também foi aumentada nos solos com alto teor de matéria orgânica. Os solos conducentes continham amebas similares, mas em menor densidade populacional.

O reconhecimento de que as propriedades físicas e químicas do solo afetam diretamente a proteção de plantas está tornando-se evidente com o aumento de publicações a respeito e com o uso desses conhecimentos no manejo integrado de culturas. Determinadas doenças de plantas podem ser controladas com adequado manejo do solo.

Quanto às plantas invasoras, Forcella & Burnside (1994) fizeram uma análise de como foi o controle desde o advento da agricultura até os dias de hoje, e tentam prever como será o uso dos métodos químicos, físicos, biológicos e culturais. Os métodos físicos (capina manual ou mecânica) predominaram sobre os demais métodos durante muito tempo. Nesse período, provavelmente, os métodos culturais e biológicos ocorreram por obra do acaso, e não intencionalmente. Com o desenvolvimento dos herbicidas, o controle químico rapidamente dominou os demais métodos de manejo. Conseqüentemente, todas as

outras alternativas decresceram em importância, embora o controle físico ainda continue a ser hoje mais importante do que o cultural e o biológico. Esses autores esperam que, nos próximos 10 ou 20 anos, haja um decréscimo na importância do controle químico, devido principalmente a motivos sociais e ambientais.

Os métodos físicos devem ressurgir devido à sua facilidade em substituir o controle químico. Assim, o manejo sustentável das plantas invasoras no futuro terá uma distribuição mais equilibrada ou integrada entre as categorias de controle. Os produtos químicos continuarão a ser uma alternativa rápida para a solução dos problemas, porém, os novos produtos serão mais seguros e serão usados com mais critério, em um verdadeiro programa de manejo integrado. Os implementos mecânicos tradicionais ou novos serão de grande utilidade, mas seu uso estará acoplado ao conhecimento da ecologia das plantas invasoras. Os métodos culturais que serão mais explorados no futuro incluem: época e densidade de plantio, seleção da variedade, escolha do método de cultivo, rotação de culturas e culturas de cobertura (usadas para impedir a proliferação de plantas daninhas entre os ciclos das culturas principais). Os métodos físicos incluem o cultivo mínimo, descargas elétricas e solarização. E, nos métodos biológicos, estão incluídos insetos fitófagos e fungos e bactérias fitopatogênicos específicos de grupos de plantas invasoras.

Obtenção de sistemas alternativos

A compreensão da natureza somente é possível num enfoque holístico, observando-se ciclos, trabalhando-se com sistemas e respeitando-se as inter-relações e proporções. Todos os fatores são interdependentes. Com o enfoque temático-analítico que vem predominando na agricultura, perdeu-se a visão geral do sistema e, assim, aumentaram os problemas relacionados com a proteção de plantas, devido a um manejo inadequado dos solos, da natureza e do próprio controle desses problemas.

O processo evolutivo para a conversão dos agroecossistemas em sistemas agrícolas de alto grau de sustentabilidade possui duas fases distintas: 1) melhora da eficiência do sistema convencional, com a substituição dos insumos e das práticas agrícolas e 2) redesenho dos sistemas agrícolas. A primeira fase vem sendo trabalhada de forma relativamente organizada, com a redução do uso de insumos, controle e manejo integrado, técnicas de cultivo mínimo do solo, previsão da ocorrência de pragas e doenças, controle biológico, variedades adequadas, feromônios, integração de culturas, cultivos em faixa ou intercalados, desenvolvimento de técnicas de aplicação que visem apenas o alvo e conscientização dos consumidores, entre outros. Em relação ao redesenho dos sistemas agrícolas há a necessidade de se conhecer a estrutura e o funcionamento dos diferentes sistemas, seus principais problemas e, conseqüentemente, desenvolver técnicas “limpas” para resolvê-los (Edwards, 1989). Devido à complexidade dessa tarefa, esforços vêm sendo dispendidos por diferentes correntes da pesquisa, mas todas consideram a mínima dependência externa de insumos, a biodiversidade, o aproveitamento dos ciclos de nutrientes, a exploração das atividades biológicas, o uso de técnicas não-poluentes, o reaproveitamento de todos os subprodutos (reciclagem) e a integração do homem no processo. Essa forma de agricultura vem sendo denominada agricultura alternativa, onde diferentes correntes se destacam: agricultura orgânica, agricultura ecológica, agricultura natural, agricultura biodinâmica, entre outros. Em relação à sustentabilidade, pode-se afirmar que tanto os sistemas encontrados na primeira fase, quanto na segunda, apresentam maior grau de sustentabilidade que o convencional, mas não a auto-sustentabilidade.

O cultivo de dendê no sul de Belém/PA é um exemplo da evolução observada na primeira fase do processo evolutivo. Como o *Elaeidobios* (bicho nanico), polinizador da cultura, é essencial para a produção, ele não poderia ser eliminado com o uso de agrotóxicos para o controle de desfolhadores e de doenças. Assim, é realizado um monitoramento constante sobre a ocorrência de doenças, pragas e seus inimigos naturais. O controle é realizado de forma bioló-

gica, isto é, nos focos são aplicados agentes de controle biológico ou feito o monitoramento para verificar a presença de inimigos naturais no local. Quando se verifica a presença desses organismos, é aguardada a morte dos insetos, é feita a coleta e, após a trituração, o produto resultante é pulverizado sobre as plantas. Quando necessário, lança-se mão do *Bacillus thuringiensis*. A adubação nitrogenada é realizada pelo cultivo de uma leguminosa (puerária) que deposita no solo entre 300 e 400kg de N por hectare por ano. Essa leguminosa, além do fornecimento do N, protege o solo e impede o desenvolvimento de outras invasoras. Outra praga, a broca do coqueiro, transmissora do anel vermelho, é controlada exclusivamente com o uso de feromônios. Assim, o sistema tem se mantido estável.

Os cultivos orgânicos estão se expandindo rapidamente, tanto em países desenvolvidos, como em desenvolvimento, onde os produtos orgânicos freqüentemente são destinados ao mercado externo. Os novos produtores, de modo geral, ingressam no negócio a partir de informação de outros agricultores orgânicos. Esse fato ocorre porque a pesquisa encontra-se atrasada em relação às práticas agrícolas adotadas pelos produtores orgânicos, especialmente com relação à proteção de plantas. Há ainda muitas questões a serem respondidas sobre o desenvolvimento de doenças na agricultura orgânica. Muitas delas não podem ser resolvidas em curto espaço de tempo, em experimentos reducionistas, mas necessitam de um maior grau de integração. É necessária a estreita colaboração entre os vários especialistas, como da área de Biologia Molecular, para o desenvolvimento de ferramentas para determinação da biodiversidade, ou da área de Epidemiologia, para o desenvolvimento de estratégias para o estudo da distribuição espacial e temporal de patógenos em culturas e em ambientes seminaturais. A pesquisa em agricultura orgânica também requer a estreita colaboração entre agrônomos, ecologistas, especialistas em solos e proteção de plantas e economistas (van Bruggen, 2001).

Dos trabalhos de pesquisa realizados que comparam a severidade de doenças de plantas em sistemas orgânicos e convencionais, de modo geral, as doenças radiculares são menos severas nos cultivos orgânicos, enquanto que as doenças foliares podem ser mais ou menos severas ou similares, dependendo da reação do patógeno, do estado nutricional da planta (principalmente o teor de nitrogênio) e condições climáticas. Geralmente, há maiores dificuldades de controle de doenças foliares do que das radiculares por meio de métodos biológicos e culturais, especialmente em regiões de clima úmido (van Bruggen, 2001).

Uma abordagem sistêmica foi adotada por Gliessman et al. (1996), que conduziram estudos para verificar as limitações durante a conversão da produção de morangos para o sistema orgânico. Foi avaliada a eficiência dos métodos alternativos, alterações nas características do solo, ocorrência de pragas, doenças e populações benéficas (antagonistas e predadores), respostas da cultura, além de avaliação econômica. Trabalho com abordagem semelhante vem sendo desenvolvido na Universidade da Califórnia (Estados Unidos), para a cultura da maçã (Caprile, 1994). Em ambos os estudos, demonstrou-se que a agricultura orgânica conduz ao aumento da biodiversidade, melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo e o retorno econômico ainda depende do manejo de pragas e doenças.

O uso da informação, por meio de ferramentas como modelos matemáticos, é fundamental para a tomada de decisão em todos os tipos de sistemas. A reduzida capacidade de processar informações, no passado, restringiu a habilidade de redesenhar sistemas alternativos. Estudos epidemiológicos são fundamentais para uma maior compreensão da estrutura e do funcionamento dos sistemas de produção em relação ao comportamento das doenças e das pragas no campo e a otimização dos seus controles. Com o conhecimento da estrutura e do funcionamento dos sistemas de produção, pode-se entender melhor a saúde das plantas e não somente os fatores relacionados às pragas e doenças de cada cultura.

Considerações finais

O desenvolvimento da proteção de plantas em sistemas alternativos de cultivo com maior grau de sustentabilidade requer estudos sobre a estrutura e o funcionamento dos agroecossistemas, com atenção especial às condições nutricionais e à biota do solo, à biodiversidade funcional, à elevação dos teores de matéria orgânica do solo e outros fatores que permitam um adequado manejo dos sistemas produtivos.

O conceito absoluto de agricultura sustentável pode ser impossível de ser obtido na prática, entretanto é função da pesquisa e da extensão oferecer opções para que sistemas mais sustentáveis sejam adotados. Para tanto, os projetos de pesquisa pontuais e de curta duração são de pouca utilidade. As discussões demonstram a necessidade da interdisciplinaridade dos projetos de pesquisa, pois somente estudos que incluam o monitoramento de sistemas de produção nas diversas áreas do conhecimento fornecerão informações suficientes para o entendimento das diferentes interações.

Referências

- ABREU JUNIOR, H. **Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura**. Campinas: EMOPI, 1998. 111p.
- ATKINSON, D.; MCKINLAY, R.G. Crop protection in sustainable farming systems. In: MCKINLAY, R.G.; ATKINSON, D. **Integrated crop protection: towards sustainability**. Farnham: British Crop Protection Council, 1995. p.483-488. (BCPC Symposium Proceedings, 63).
- BERGAMIN, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1995. v.1, 919 p.
- BETTIOL, W.; TRATCH, R.; GALVÃO, J.A.H. **Controle de doenças de plantas com biofertilizantes**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. 22p. (Embrapa-CNPMA. Circular Técnica, 2).

- BIRD, G.W.; EDENS, T.; DRUMMOND, F.; GRODEN, E.; Design of pest management systems for sustainable agriculture. In: FRANCIS, C.A.; FLORA, C.B.; KING, L.D. (Ed.). **Sustainable agriculture in temperate zones**. New York: John Wiley, 1990. p.55-110.
- CAPRILE, J. Regional experiences in organic apple production differ. **California Agriculture**, v. 48, p. 20, 1994.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos (a teoria da trofobiose)**. Porto Alegre: L&PM, 1987. 256p.
- COLÉGIO OFICIAL DE INGENIEROS AGRONOMOS DE CENTRO Y CANARIAS. **Manual de prácticas y actuaciones agroambientales**. Madrid: Editorial Agrícola Española/Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 310p.
- COSTA, M.B.B.; CAMPANHOLA, C. **A agricultura alternativa no estado de São Paulo**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997. 63p. (Embrapa-CNPMA. Documentos, 7).
- EDWARDS, C.A. The importance of integration in sustainable agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 27, p. 25-35, 1989.
- ENGELHARD, A.W. **Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro- and microelements**. St. Paul: APS, 1989. 217p.
- FORCELLA, F.; BURNSIDE, O.C. Pest management-weeds. In: HATFIELD, J.L.; KARLEN, D.L. **Sustainable agriculture systems**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. p.157-197.
- GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 78p.
- GLIESSMAN, S.R.; WERNER, M.R.; SWEZEY, S.L.; CASWELL, E.; COCHRAN, J.; ROSADO-MAY, F. Conversion to organic strawberry management changes ecological processes. **California Agriculture**, v. 50, n. 1, p. 24-31, 1996.
- GRAVENA, S.; BENVENGA, S.; ABREU JR., H.; GROPPA, G. A.; ZANDER, R.; KLEIN-GUNNWIKEK, R. Manejo ecológico de pragas e doenças do tomate envarado. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE AGRICULTURE IN TROPICAL AND SUBTROPICAL HIGHLANDS WITH SPECIAL REFERENCE TO LATIN AMERICA, 1998, Rio de Janeiro. **Abstracts**. [S.l.: s.n], 1998.

- INNES, N.L. A plant breeding contribution to sustainable agriculture. **Annals of Applied Biology**, v. 126, p. 1-18, 1995.
- LARTEY, R.T.; CURL, E.A.; PETERSON, C.M. Interactions of mycophagous Collembola and biological control fungi in the suppression of *Rhizoctonia solani*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, n. 1, p. 81-88, 1994.
- LIEBMAN, M. Sistemas de policulturas. In: ALTIERI, M.A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 240 p.
- MALAJCZUK, N. Microbial antagonism to *Phytophthora*. In: ERWIN, D.C. **Phytophthora: its biology, taxonomy, ecology, and pathology**. Saint Paul: APS, 1983. p.197-218.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Alternative agriculture**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. 448p.
- REIJNTJES, C.; HAVERKORT, B.; WATERS-BAYER, A. **Farming for the future: an introduction to low-external-input and sustainable agriculture**. Leusden: Ilea, 1992. 250p.
- TRENBATH, B.R. Intercropping for the management of pests and diseases. **Field Crops Research**, v. 34, p. 381-405, 1993.
- VAN BRUGGEN, A.H.C. Plant disease severity in high-input compared to reduced-input and organic farming systems. **Plant Disease**, v. 79, n. 10, p. 976-984, 1995.
- VAN BRUGGEN, A.H.C. Swirching over to organic farming systems: consequences for plant pathological research. **Summa Phytopathologica**, v. 27, n. 1, p. 145, 2001.