

Curso...

1990

PC-PP-1990.00515



CNPMA-13448-1



CURSO

DEFESA DA AGRICULTURA

EMBRAPA

CNPDA

Jaguariúna/SP, 1990

0515

1990

PC-PP-1990.00515

COMISSÃO ORGANIZADORA: SETOR DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA

CURSO: "DEFESA DA AGRICULTURA"

JOÃO CARLOS CAMPO

MARIA TERESINHA RIGARDI

ROBERTO CASATI

TÁNDRA ROSÂNGELA DA SILVA

**REALIZAÇÃO: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE DEFESA DA AGRICULTURA
CNPDA/EMBRAPA**

ALBERTO CHAIN

ANTÔNIO LEITE CERREIRA

CLAUDIA CONTI WEDUCHO

CLÁUDIO CÉSAR A. BUSCHINELLI

LOCAL: JAGUARIÚNA/SP

BRISE MARIA F. CAPALDO

FERNANDO JUNQUEIRA TARDASCO

GERALDO S. RODRIGUES

GILBERTO J. DE MONTE

JOSÉ MARIA S. PEREIRA

LOURIVAL COYVA PARRERA

PEDRO JOSÉ YALARIVI

REINALDO FORSYTH

VERA LUCIA S. DE CASTRO

PERÍODO: 21 a 23 de AGOSTO de 1990

COMISSÃO ORGANIZADORA: SETOR DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA

ELIANA DE SOUZA LIMA

JOÃO CARLOS CANUTO

MARIA TERESINHA SISCARO

ROBERTO CESNIK

SANDRA ROSÂNGELA DA SILVA

COMISSÃO CIENTÍFICA:

ALDEMIR CHAIM

ANTONIO LUIZ CERDEIRA

CLÁUDIA CONTI MEDUGNO

CLÁUDIO CÉSAR A. BUSCHINELLI

CLÁUDIO JONSSON

DEISE MARIA F. CAPALBO

FERNANDO JUNQUEIRA TAMBASCO

GERALDO S. RODRIGUES

GILBERTO J. DE MORAIS

JOSÉ MARIA G. FERRAZ

LOURIVAL COSTA PARAÍBA

PEDRO JOSÉ VALARINI

REINALDO FORSTER

VERA LÚCIA S. DE CASTRO

WAGNER BETTIOL

APRESENTAÇÃO

O Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura-CNPDA é uma Unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA e tem como objetivo gerar conhecimento técnico-científico sobre a proteção de agroecossistemas. Suas principais linhas de atuação são as seguintes: a) avaliação de impacto ambiental onde se procura identificar o comportamento e o efeito de agroquímicos, estudando sua interferência nos agroecossistemas e, b) desenvolvimento de métodos alternativos de controle de pragas, patógenos e plantas invasoras, com base no controle biológico, produtos naturais, novas formulações e tecnologia de aplicação de pesticidas.

O Setor de Difusão de Tecnologia do CNPDA tem se preocupado em trabalhar no sentido de divulgar essas pesquisas, e o presente Curso é uma dessas ações. No entanto, busca também um retorno da comunidade, que pode com a discussão, contribuir para direcionar cada vez melhor o esforço da Pesquisa.

Este curso procura enfocar temas ligados à atuação do CNPDA, informando e provocando a discussão sobre as tendências de pesquisa nas áreas de fitossanidade e impacto ambiental, como forma de atualização.

Esperamos que essa interação produza resultados positivos para todos.

Setor de Difusão de Tecnologia

SUMÁRIO

	<i>Pag.</i>
- Uma nova proposta para a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas	6
- Perspectivas de produção de inseticidas biológicos	20
- Formulações com inseticidas biológicos	35
- Alternativas de controle de doenças de plantas	52
- Fitobacterioses transmitidas por sementes botânicas: estratégias de controle	73
- Alternativas de controle de pragas de plantas	84
- Viabilidade do uso de predadores no controle de ácaros fitófagos	106
- Avaliação de impactos ambientais na agricultura	115
. Agroecologia	120
. Simulação do risco de contaminação das águas subterrâneas no Estado de São Paulo por pesticidas e nitrato	129
- Aspectos sobre toxicologia dos pesticidas	139
- Comportamento de herbicidas no solo	147

Uma nova proposta para a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas

Aldemir Chaim¹

Introdução

A maioria das aplicações dos produtos químicos tem sido feita através dos pulverizadores. Estes pulverizadores que aplicam o produto químico diluído em grandes volumes de água foram desenvolvidos no século passado. Normalmente o líquido é bombeado e passa sob pressão por um orifício, para produzir uma nuvem de gotas de tamanhos diferentes. Os volumes empregados no tratamento das culturas de porte rasteiro têm variado entre 200 a 600 litros por hectare. Os bicos utilizados nos equipamentos geram gotas que variam de 20 micrometros a 400 micrometros ou mais.

Este sistema de aplicação, apesar de ter promovido controles efetivos dos problemas fitossanitários tem se mostrado extremamente ineficiente na prática. Algumas vezes mais de 99% do produto químico não atinge o alvo desejado. GRAHAM-BRYCE (1977) tem estimado, que em alguns casos, pouco menos de 0,02% da dose aplicada tem sido necessária para controlar um tipo de inseto de folhagem.

Os altos custos de energia necessária para produzir e distribuir produtos químicos e a preocupação geral com a qualidade do meio ambiente, exigem mudanças nos sistemas convencionais de aplicação para reduzir os desperdícios e os efeitos colaterais nocivos.

¹ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, EMBRAPA. Área de Tecnologia de Aplicação.

Para se aperfeiçoar os sistemas atuais de aplicação de defensivos é necessário compreender melhor a produção das gotas e seu subsequente movimento para o alvo biológico desejado.

Processos de geração de gotas

a) Pulverização hidráulica

A lâmina de líquido produzida por bico hidráulico se desintegra em filamentos e posteriormente em gotas de tamanhos variados (FRASER, 1956). A variação na pressão afeta o tamanho das gotas e o uso de baixa pressão reduz a produção de gotas aerossóis (menores que 50 μm) responsáveis pela deriva para áreas vizinhas, mas por outro lado pode proporcionar a produção de gotas muito grandes e indesejáveis. O controle do tamanho das gotas bem como a sua dispersão, tem sido conseguido com algumas alterações no meio ambiente próximo ao rompimento da lâmina líquida, alterações no desenho do orifício, ou mesmo com a adição de adjuvantes químicos que alteram a viscosidade e tensão superficial do líquido.

b) Pulverização pneumática

A pulverização pneumática ocorre quando um jato de ar em alta velocidade colide com um jato de líquido em baixa velocidade. O controle do tamanho das gotas é proporcionado pela diferença da velocidade relativa dos dois fluidos. Estes bicos são empregados atualmente nos pulverizadores costais motorizados e em alguns tipos de pulverizadores tratorizados "pulverizadores tipo canhão".

LAW (1978) idealizou um pequeno bico pneumático eletrostático para ser usado em pulverizadores tratorizados.

CHAIM (1988a) pediu patente para um pulverizador pneumático eletrostático costal, acionado por alavanca manual, que usa um bico especialmente projetado para trabalhar com 2 lb/pol². Esta grande redução de pressão de pulverização só foi possível através de um sistema revolucionário que altera

o ângulo de incidência do jato de ar em relação ao líquido, proporcionando uma maior transferência de energia pneumática para a pulverização.

c) Pulverização centrífuga

O tamanho das gotas produzidas através de um disco que gira em determinada velocidade, é inversamente proporcional à velocidade angular (WALTON & PREWETT, 1949) e é afetado pela vazão. Nas vazões menores as gotas produzidas são mais uniformes que nas vazões maiores. Para melhorar a produção de gotas, tem-se incorporado ranhuras que alimentam dentes distribuídos por toda a circunferência do disco. Para cada projeto de disco, existe uma vazão particular máxima. Muitas vezes vários discos são montados em um eixo comum, e isso proporciona uma elevada vazão sem uma alteração significativa no tamanho das gotas produzidas.

ARNOLD & PYE (1980) e MARCHANT (1985) desenvolveram projetos especiais para carregar eletrostaticamente as gotas produzidas por este sistema.

d) Pulverização eletrohidrodinâmica

VONNEGUT & NEWBAUER (1952) descreveram um sistema de se produzir gotas monodispersas com carga eletrostática com líquidos de baixa condutividade elétrica, usando exclusivamente alta tensão positiva em tubos capilares. Um estudo das gotas produzidas por este sistema foi feito por HENDRIKS (1962). BURAYEV & VERESHCHAGIN (1972) estudaram os processos físicos envolvidos neste sistema estabelecendo condições teóricas para a pulverização, e os valores limites de tensão superficial e condutividade do líquido.

Uma das primeiras aplicações deste sistema foi em pintura eletrostática e o equipamento que é descrito por MILLER (1973) foi patenteado por Starkey e Ransburg em 1954.

JONES & THONG (1971) e THONG & WEINBERG (1971) estudaram a possibilidade de aplicar a pulverização eletrohidrodinâmica para produzir gotas e controlar a combustão de determinados combustíveis.

SWATICK (1973) descreve um sistema de impressão de computador, em que o processo de pulverização EHD é usado para gerar gotas de tinta (com carga eletrostática) que são defletidas por eletrodos especiais para formar os caracteres no papel.

O uso da pulverização EHD para a aplicação de produtos na agricultura foi elegantemente aperfeiçoado por COFFEE (1979). Em janeiro de 1983 iniciaram-se os estudos sobre gotas produzidas por um protótipo desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP de Jaboticabal (CHAIM, 1984). Basicamente, o processo eletrohidrodinâmico produz gotas pela ação exclusiva das forças devido à presença de carga na superfície do líquido e do campo eletrostático.

Se um líquido, que apresentar na sua superfície uma densidade de carga ρ_s C/m² for submetido a ação de um campo elétrico este campo exercerá uma força sobre a carga superficial dada por: $F_s = \rho_s E$. Esta força tentará tirar a carga da superfície do líquido. A presença de um campo elétrico suficientemente forte, provocará a ruptura da superfície do líquido. Serão formadas gotas com alta densidade de carga. Nenhuma força hidrodinâmica ou mecânica necessita ser usada na situação descrita. A força de ruptura é inteiramente elétrica e o consumo de energia é o mais baixo que se tem notícia.

O tamanho das gotas produzidas é inversamente relacionado à voltagem, mas é proporcional à vazão do líquido.

11

e) Pulverização eletroaerodinâmica

A oposição molecular e as forças elétricas que ocorrem, quando se concentram cargas elétricas na superfície de um líquido, podem ser responsáveis pela desintegração do volume líquido em numerosas gotas eletricamente carregadas. Entretanto, nem todos os produtos químicos usados no controle fitossá

nitário possuem condições reométricas adequadas para produção de gotas de interesse agrícola. Contudo, se forem promovidas perturbações hidrodinâmicas na superfície do líquido com carga elétrica, como por exemplo pequenas ondulações, as cargas presentes na superfície do líquido, rapidamente se acumulam nas cristas destas ondas aumentando as forças de oposição molecular nesta região. Conseqüentemente, estas cristas se romperão formando gotas com elevada densidade de carga. Uma forma de se produzir perturbações hidrodinâmicas é forçar a passagem de um gás em velocidade ao longo da superfície do líquido (MAYER, 1962).

GARMENDIA (1977) promoveu estudo teórico sobre a pulverização eletroaerodinâmica em que foi considerada a ação combinada de um campo eletrostático e um fluxo de ar paralelo que criava ondas na superfície do líquido. Baseado neste estudo e na informação de FRASER (1956) de que a transferência de energia de um fluxo de ar paralelo a um jato de líquido é extremamente ineficiente, CHAIM (1988b) desenvolveu um bico eletroaerodinâmico vortical, que necessita de pressão e velocidade de ar extremamente pequenas para produzir gotas com carga eletrostática.

Movimento das gotas para o alvo

Normalmente, as gotas são projetadas para a cobertura vegetal, por um bico hidráulico mantido a uma altura ou distância menor que 60 cm. As menores gotas são rapidamente desviadas pelo vento e com a evaporação da água elas podem se transformar em partículas extremamente pequenas de produto químico concentrado (BALS, 1971). Os agricultores devem ser prevenidos para evitar a pulverização durante um vento forte. Recomendações precisas são difíceis de se dar, devido aos próprios fatores locais como topografia, tipo de vegetação predominante, etc.

Controle da trajetória das gotas

Atualmente, existe um interesse considerável em usar forças eletrostáticas para sobrepor as desvantagens da dependên-

cia do movimento do ar na deposição. Existe uma hipótese (COFFEE, 1979) de utilizar o próprio campo eletrostático existente entre bico carregado e a planta aterrada para acelerar o movimento das gotas com carga eletrostática. Entretanto, isto é contestado por MARCHANT (1980) que aponta dois fatores frustrantes: a) campo não uniforme proporcionado pelos pequenos eletrodos de alta tensão dos bicos; b) efeito da blindagem dos próprios alvos (gaiola de Faraday). Entretanto, existem outros efeitos, devido à presença de carga na superfície das gotas, que indiscutivelmente aumentam consideravelmente a deposição (MAC CARTNEY & WOODHEAD, 1983).

Vários países tem estudado intensivamente o uso da pulverização eletrostática para aplicação de defensivos e hoje, provavelmente, já existam dezenas ou mesmo centenas de trabalhos publicados provando o aumento de eficiência que esta técnica promove. HISLOP (1988) numa ampla revisão sobre o assunto, conclui que com as atuais técnicas de pulverização eletrostática é possível reduzir com facilidade 50% das doses aplicadas, sem reduzir a eficácia biológica. Tais reduções são economicamente e ambientalmente desejáveis. Além da redução das doses, a técnica eletrostática também reduz os efeitos colaterais de inseticidas sobre aqueles organismos que vivem no solo (ENDACOTT, 1983).

Deposição nos alvos

Existem muito poucos estudos sobre os diferentes tamanhos de gotas e a eficácia biológica, devido a enorme variação de uniformidade das gotas que a maioria dos equipamentos produzem, e a complexidade das diferentes superfícies que são tratadas (MATTHEWS, 1981).

Determinadas superfícies são difíceis de molhar e por outro lado, gotas menores que 100 μm podem não apresentar energia cinética suficiente para se depositar nos alvos. Evidentemente, nestes casos é necessário a utilização de adjuvantes tensoativos (DAVID, 1959).

Novamente, neste caso, a eletrostática tem mostrado resultados excelentes quando é necessário o uso de pequenas gotas (LAW, 1982; ARNOLD & PYE, 198 ; MORTON, 1982).

Resposta Biologia

A eficiência da aplicação é diretamente ligada ao tamanho ótimo de gota para o alvo selecionado (HIMEL, 1969; HIMEL & MOORE, 1969). Além do tamanho é necessário um critério adequado de densidade de gotas por unidade de área (FISHER & MENZIES, 1973; FISHER & MENZIES, 1974). A adoção dessas duas práticas, às vezes resulta numa redução da concentração de ingrediente ativo na calda, necessário para o controle efetivo do problema fitossanitário (FISHER et alii, 1974; ADAMS & HALL, 1989).

Nos procedimentos padrões para registros de produtos químicos, os trabalhos de teste de eficiência de campo, dão pouca importância ao método de aplicação utilizado. Normalmente, se preocupam com o volume de calda utilizado, mas omitem informações sobre o tipo de bico, pressão de operação e, principalmente, o tamanho e densidade das gotas utilizados no experimento. Mesmo para aqueles casos de pulverização a alto volume em que o tamanho das gotas não tem nenhuma importância, é necessário conhecer a quantidade de produto químico que ficou retido no alvo. Esses dados seriam importantes para as indústrias terem noção sobre o comportamento dos seus produtos. Muitas vezes uma aplicação deficiente pode mascarar a eficácia dos produtos.

Sistemas de Aplicação

Uma aplicação correta de defensivos envolve uma complexa interação de conhecimentos que, na prática, é impossível de ser entendida e utilizada pelos agricultores.

O custo do desperdício dos caríssimos defensivos agrícolas com os presentes sistemas de aplicação e as perdas das culturas como consequência final dos tratamentos tem se tornado inaceitáveis. Uma outra consideração sobre o atual sistema de aplicação é que a maioria dos acidentes com defensivos ocorre durante a diluição de formulações concentradas (ZANDSTRA, 1987).

É necessário que os novos sistemas de aplicação tenham incorporado nos seus projetos alguns aperfeiçoamentos, que visem reduzir o uso de equipamento de proteção individual por parte dos operadores.

Quando os pulverizadores centrífugos manuais foram introduzidos, a idéia original foi de que os produtos químicos adequadamente formulados fossem fornecidos em um frasco - tanque de plástico de um litro, para evitar os erros e acidentes que ocorrem durante a mistura. Contudo, os altos custos dos novos frascos fez com que os agricultores preferissem reabastecer com outras formulações diferentes da inicial (MATTHEWS, 1981).

Os custos de transporte, exigem que sejam aplicados volumes menores que 1 l/ha de formulações especiais. Assim, os novos projetos dos equipamentos devem considerar este fato.

O uso de gotas com carga eletrostática tem proporcionado aplicações de volumes em torno de 0,5 l/ha e isso reabre o potencial para uso de tanques acoplados diretamente ao bico pulverizador, de maneira que o agricultor não necessite diluir ou transferir produtos para o equipamento. Essa é a função do conceito do tanque Bozzle do pulverizador Electrodyn (COFFEE, 1981). Além disso, o bico plástico do Electrodyn assegura que as características do tamanho das gotas e vazão sejam mantidos para aquele tipo de formulação. O risco dos frascos vazios, como fonte de poluição, pode ser reduzido desde que eles sejam reaproveitados pela indústria.

Considerações finais

Os defensivos agrícolas continuarão a ter um importante papel nos programas de manejo, mas deve ser dada uma grande ênfase para as tecnologias e manejos de aplicação de defensivos que usem menor energia para distribuir menores quantidades de ingrediente ativo e talvez reduzir os desperdícios, diminuindo os efeitos colaterais prejudiciais.

Os pequenos agricultores não tem instruções suficientes para medir, misturar ou preparar as quantidades corretas de defensivos agrícolas. A chance de aplicar a dose correta é muito pequena. Além disso, mesmo que o produto seja preparado corretamente, o esforço necessário para conduzir e acionar o equipamento, contribui para dificultar a distribuição correta do produto.

O uso de produtos químicos por pequenos agricultores, tem gerado críticas severas e são originadas por acidentes de envenenamentos que nem sempre são computados nas estatísticas dos órgãos oficiais. Os aplicadores estão altamente expostos a contaminação durante a medição e mistura dos produtos concentrados. Além disso, durante a aplicação, os operadores de equipamentos costas manuais, invariavelmente deslocam a lança na frente deles e isso provoca uma pesada contaminação das suas pernas. As condições de climas quentes não só aumentam a fadiga dos operadores favorecendo acidentes, mas também inviabilizam o uso de roupas protetoras.

Os pequenos agricultores necessitam de equipamentos duráveis, leves, fáceis de operar com pouca energia e com quantidades de defensivos pré-selecionados. Estes sistemas de aplicação em alvos específicos tem baixa tolerância de erros, especialmente quando altas concentrações são aplicadas em volumes reduzidos para controle das pragas. Evidentemente, os equipamentos hidráulicos existentes exigirão técnicos especializados para operá-los e mantê-los, mas o objetivo é fornecer ao usuário um sistema de aplicação mais fácil de operar, transferindo assim a complexidade para as indústrias. Assim, será necessária uma participação maior das indústrias químicas e de equipamentos, na elaboração de novas tecnologias.

A elaboração de novas tecnologias exige atualmente, que algumas condições sejam observadas:

- O equipamento deve ser extremamente leve e fácil de operar.
- O volume de aplicação deve ser menor que 1 l/ha.
- O produto químico deve estar pronto para uso numa embalagem que pode servir de tanque do equipamento.
- Esta embalagem deve ser reciclável e deve apresentar desenhos ou fotografias dos tipos de pragas e culturas em que o produto pode ser utilizado.
- Com a embalagem correta e a velocidade de deslocamento adequada, o equipamento deve gerar gotas no tamanho e densidade suficientes para o controle efetivo da praga.

O equipamento de aplicação deve apresentar requisitos de segurança para minimizar ou mesmo evitar a necessidade do uso de roupas de proteção individual pelo aplicador.

Desde que essas condições sejam respeitadas restaria ao usuário a responsabilidade de deslocar-se corretamente na área tratada.

Não se pode empregar mais uma tecnologia de aplicação desenvolvida no século passado, e que tem causado grandes problemas sociais, econômicos e ambientais. Os avanços tecnológicos conseguidos nos últimos 30 anos pelos diferentes setores da ciência, podem e devem ser aproveitados para que os defensivos agrícolas sejam colocados nos seus alvos específicos com o máximo de eficiência.

CHAM, J.P. Physical processes of electrostatic atomizations of liquid. *Fluid Characterization Research*, 1(2): 55-66, 1972.

CHAM, A. Desenvolvimento de um protótipo de pulverizador eletrostático - avaliação do seu comportamento em relação ao tamanho das gotas e controle de deriva (*Electrostatic Pulverizer Development - Evaluation of its Behavior in Relation to Droplet Size and Control of Drift*). Jaboticabal, UNESP, 1984. 107p. (Tese M.S.).

CHAM, A. Pulverizador pneumático eletrostático para aplicação de póxido de alumínio. Patente pendente. Setembro 1988 a.

CHAM, A. Desenvolvimento de um tipo "rodinâmico". Trabalho não publicado.

COMPTON, R.A. Electrodynamic atomization. In: *Electrostatic applications*. Jay Mathur, ed. Marcel Dekker, New York, 1974.

AND DISSEMINATION. 1984.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, A.J. & HALL, F.R. Influence of bifenthrin spray deposit quality on the mortality of Trichoplusia ni (Lepdoptera: Noctuidae) on cabbage. Crop protection, 8: 206-211, 1989.
- ARNOLD, A.J. & PYE, B.J. Spray application with charged rotary atomisers. SIMPOSIUM ON SPRAYIG SYSTEMS FOR 1980's. Croydon, BCPC, 1980. p. 109-117.
- BALS, E.J. Some thoughts on the concept of ULD (Ultra-low-dosage) spraying. EPPO Bull, 2: 27-35, 1971.
- BURAYEV, T.K. & VERESHCHAGIN, I.P. Physical processes during electrostatic atomisations of liquids. Fluid Mechanics-Soviet Research, 1(2): 56-66, 1972.
- CHAIM, A. Desenvolvimento de um protótipo de pulverizador eletrohidrodinâmico - avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (Enneothrips flavens, Moulton 1941) do amendoim (Arachis hypogaea L.). Jaboticabal, FCAV - UNESP, 1984. 107p. (Tese M.S.).
- CHAIM, A. Pulverizador pneumático eletrostático costal acionado por alavanca manual. Patente pendente PI 8805580 - 27 outubro 1988 a.
- CHAIM, A. Desenvolvimento de um bico de pulverização "eletroaerodinâmica". Trabalho não publicado. 1988 b.
- COFFEE, R.A. Electrodynamic energy; a new approach to pesticide application. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE: PESTS AND DISEASES. Brighton, 1979. Proceedings p. 777-789.

- COFFEE, R.A. Electrodynamic crop spraying. Outlook on agriculture, 10(7): 350-356, 1981.
- DAVID, W.A.L. The accumulation and adhesion of insecticides on leaf surfaces. Outlook on agriculture, 2(3): 127-136, 1959.
- ENDACOTT, C.J. Non-target organism mortality - a comparison of spraying techniques. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION, 10., Brighton, 1983. Proceedings. Croydon, BCPC, 1983. v.2., p. 502.
- FISHER, R.W. & MENZIES, D.R. Relationship of spacial density of spray droplets on frequency of contact by European Red Mite (Acarina: Telhranychidae). Canadian Entomologist, 105: 999-1001, 1973.
- FISHER, R.W. & MENZIES, D.R. Effect of spray droplet density and exposure time on the immobilization of newly-hatched oriental fruit moth larvae. Journal of Economic Entomology 69: 438-440, 1976.
- FISHER, R.W.; MENZIES, D.R.; HERNE, D.C.; CHIBA, M. Parameters of dicofol spray deposit in relation to mortality of European Red Mite. Journal of Economic Entomology 67: 124-126, 1974.
- FRASER, R.P. The fluid kinetics of application of pesticidal chemicals. Advances in Pest Control Research, 2: 1-106, 1956.
- GARMENDIA, L. A simplified model of electro-aerodynamic atomisation. AICHE Journal, 23(6): 935-938, 1977.
- GRAHAM-BRYCE, I.J. Crop protection: a consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, 281: 163-179, 1977.
- HENDRICKS, Jr. C.D. Charged droplet experiments. Journal of Colloid Science, 17: 249-259, 1962.

- HIMEL, C.M. The optimum size for insecticide spray droplets. Journal of Economic Entomology, 62(4): 919-925, 1969.
- HIMEL, C.M. & MOORE, A.D. Spray droplet size in the control of spruce, budworm, boll weevil, bollworm and cabbage looper. Journal of Economic Entomology, 62(4): 916-918, 1969.
- HISLOP, F.C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. Weed Technology, 2: 94-105, 1988.
- JONES, A.R. & THONG, K.C. The production of charged monodisperse fuel droplets by electrical dispersion. J. Phys. D: Appl. Physics 4: 1159-1166, 1971.
- LAW, S.E. Embedded-electrode electrostatic - induction spray nozzle: theoretical and engineering design. Transactions of the ASAE, 21(6): 1096-1104, 1978.
- LAW, S.E. Spatial distribution of electrostatically deposited sprays on living plants. Journal of Economic Entomology, 75(3): 542-544, 1982.
- MARCHANT, J.A. Electrostatic spraying some basic principles. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE: WEEDS, Brighton 1980. Proceedings. p. 987-997.
- MARCHANT, J.A. An electrostatic spinning disc atomiser. Transactions of the ASAE, 28: 386-392, 1985.
- MATTHEWS, G.A. Improved systems of pesticide application. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B., 295: 163-173, 1981.
- MAYER, E. Theory of liquid atomization in high velocity gas streams. ARS Journal, 31(12): 1783-1785, 1961.

MILLER, E.P. Electrostatic coating. In: MOORE, A.D. Electrostatic and its applications. New York, Wiley & Sons, 1973. p. 250-306.

Mc CARTNEY, H.A. & WOODHEAD, T. Electric charge, image-charge forces and deposition of pesticide drops. Pesticide Science, 14(1): 49-56, 1983.

MORTON, N. The "Electrodyn" sprayer: first studies of spray coverage in cotton. Crop Protection, 1(1): 27-54, 1982.

SWATICK, D.S. Nonimpact printing. In: MOORE, A.D. Electrostatic and its applications. New York, ^{John}Wiley & ~~Sons~~, 1973. p. 307-335.

THONG, K.C. & WEINBERG, F.J. Electrical control of the combustion of solid and liquid particulates suspensions. Proc. Royal Soc. London A, 324: 201-215, 1971. ^{edings}

VONNEGUT, B. & NEUBAUER, R. Production of monodisperse liquid particles by electrical atomisation. Journal of Colloid Science, 7(6): 616-622, 1952.

WALTON, W.H. & PREWET, W.C. The production of sprays and mists of uniform drop size by means of spinning disc ^{Series 8} type sprayers. The Proceedings of the Physical Society, 62(6)B: 341-350, 1949.

ZANDSTRA, I. Lever operated knapsack and hand-held sprayers used in agriculture in developing countries: a review of their safety and efficacy. Ontario, IRDC, 1987. 104p. (IRDC - MR 169 e).

Perspectivas de Produção de Inseticidas Biológicos

Deise Capalbo¹

Introdução

O controle microbiológico de insetos é considerado um aspecto de grande importância no controle biológico, e pode ser definido como o uso de microrganismos entomopatogênicos para o controle de insetos.

Nos últimos 20 anos verificou-se um crescente interesse pelo uso de inseticidas microbianos, devido, principalmente, aos problemas detectados com o uso intensivo de inseticidas químicos, não apenas em relação aos seres humanos e insetos benéficos, mas também pelo desenvolvimento de resistência por parte dos insetos aos produtos aplicados. Como agravante, observou-se a presença de elevados índices de resíduos tóxicos no ambiente.

Assim, o interesse crescente pelas alternativas de controle evidenciaram várias espécies de organismos patogênicos com potencial de uso: bactérias, vírus, fungos e protozoários.

Neste trabalho, entretanto, nos concentraremos apenas no grupo dos inseticidas bacterianos. Recomendamos a leitura do livro "Controle Microbiano de Insetos" (Sergio B. Alves, coord., 1986) para maiores informações sobre os demais agentes.

Considerações básicas

As bactérias entomopatogênicas que se mostraram mais interessantes para uso em campo, foram as formadoras de espo-

¹ Pesquisadora do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, EMBRAPA. Área de Produtos Naturais.

ros, as quais pertencem à família Bacillaceae. Entre as mais de 100 espécies de Bacillus entomopatogênicos, apenas quatro tem-se mostrado especialmente utilizáveis: Bacillus thuringiensis, Bacillus popilliae, Bacillus lentimorbus e Bacillus sphaericus. Destas, o B. thuringiensis (Bt) é o mais importante do ponto de vista comercial, com um mercado consumidor estimado, no ocidente, de 30 a 45 milhões de dólares, o que corresponde a aproximadamente 90% do mercado atual de inseticidas microbianos. Essa constatação reflete um fato importante: os produtos que se encontram no mercado hoje em dia, são confiáveis e têm apresentado resultados de controle consistentes; e o homem do campo que deles se utiliza já sabe o que esperar do Bt: apesar do produto não eliminar totalmente a população do inseto-praga, ele assegura o controle suficiente para que o nível permaneça abaixo do nível de dano econômico.

Neste trabalho faremos algumas considerações sobre as variedades de Bt e produção de toxinas, uma revisão dos principais aspectos da produção de Bt, e comentaremos as perspectivas de produção nacional.

a) Histórico

Bt foi isolado pela primeira vez no Japão, em 1902 por Ishiwata, de lagarta de bicho-da-seda (Bombyx mori). Para os japoneses este microrganismo representa um grande perigo à indústria da seda.

Em 1915, Berliner isolou Bt de larvas da traça-das-farinhas (Anagasta kuhniella), na Thuringia, donde o nome atual desta bactéria. Berliner comentou a presença de um corpo de inclusão no esporo, mas não o relacionou com as propriedades inseticidas do microrganismo. Mencionou também a possibilidade de utilizá-lo no controle da praga.

Entre 1920 a 1950 a utilização de Bt em campo trouxe resultados variáveis e foi observado que seu controle se limitava a lepidópteros. Apenas em 1956, Angus constatou que a ativi-

dade inseticida se localizava no corpo de inclusão.

O desenvolvimento de Bt como inseticida ficou entretanto, relegado a plano inferior até a década de 50, visto que os inseticidas químicos eram produzidos a custos muito reduzidos e com amplo espectro de atuação.

b) Toxinas de Bt e seu significado

Dentre as mais de 20 variedades de Bt hoje identificadas, algumas são mais tóxicas aos insetos da ordem Lepidoptera (mariposas que na fase jovem se apresentam como lagartas fitófagas), enquanto outras são mais ativas contra moscas, mosquitos e besouros.

As variedades de Bt têm em comum o fato de serem aeróbicas (necessitam oxigênio para seu desenvolvimento), formarem esporos, e produzirem um corpo cristalino dentro da célula durante o ciclo de esporulação. Esse cristal é conhecido como delta-endotoxina, corpo paraesporal, cristal protéico ou simplesmente cristal.

Entre os metabólitos biologicamente ativos produzidos pelo Bt, essa endotoxina merece destaque. Ela está contida no cristal, o qual é termolábil e solúvel em soluções alcalinas. Com raras exceções apenas um cristal é produzido por esporo. Ele tem forma bipiramidal tendo dimensões médias de $0,8 \times 2,0 \mu$ (note-se que a célula vegetativa tem $1,2 \times 3,5 \mu$, e o cristal representa 30-40% do peso seco do esporo). Um esquema simplificado do esporo e cristal é apresentado na Figura 1.



Figura 1. Esquema do esporângio de B. thuringiensis, contendo o esporo (E) e cristal protéico (C) (apud ALVES, S.B., 1986).

Apesar das muitas pesquisas realizadas até hoje, não se sabe ao certo a função exata desse cristal para a célula; a sua origem genética e as etapas metabólicas de sua produção ca recem de confirmações. Para efeito ilustrativo, apresentamos um esquema do ciclo evolutivo do Bt em uma lagarta, com a formação do esporo e do cristal, na Figura 2.

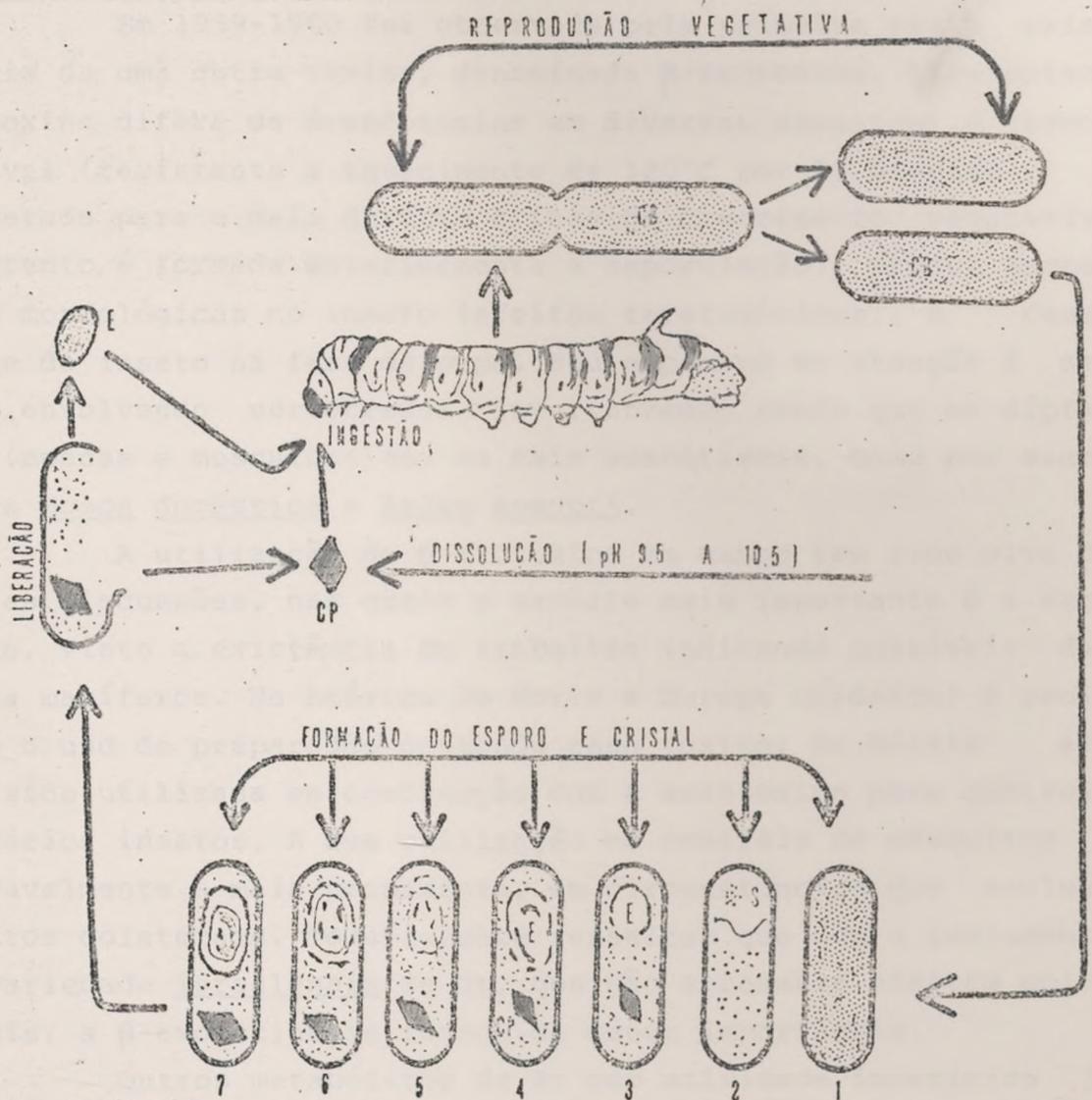


Figura 2. Ciclo evolutivo do *B. thuringiensis* em uma lagarta; CB, célula bacteriana; E, esporo; CP, cristal protéico, (apud ALVES, S.B., 1986).

Como observação importante, cabe citar que para uma mesma variedade, há considerável variação na capacidade de formar a endotoxina conforme as condições de crescimento da célula.

Assim, condições experimentais de uso, doses utilizadas e idade do inseto-alvo são alguns dos fatores que têm profundas implicações nos resultados de aplicação de um inseticida à base de Bt.

Em 1959-1960 foi observada pela primeira vez a existência de uma outra toxina, denominada β -exotoxina. Essa potente toxina difere da δ -endotoxina em diversos aspectos: é term estável (resistente a aquecimento de 120°C por 15 minutos), é excretada para o meio durante a fase de crescimento vegetativo (portanto, é formada anteriormente à esporulação), produz anomalias morfológicas no inseto (efeitos teratogênicos), e causa morte do inseto na fase de pupa. Seu espectro de atuação é amplo, envolvendo vertebrados e invertebrados, sendo que os dípteros (moscas e mosquitos) são os mais suscetíveis, como por exemplo a Mosca doméstica e Aedes aegypti.

A utilização da β -exotoxina em campo tem sido alvo de muitas discussões, nas quais o aspecto mais importante é a segurança, visto a existência de trabalhos indicando possíveis danos a mamíferos. Na América do Norte e Europa Ocidental é proibido o uso de preparados contendo essa toxina; na Rússia ela tem sido utilizada em combinação com a endotoxina para controle de vários insetos. A sua utilização no controle de mosquitos é provavelmente a mais promissora, em circunstâncias que excluam efeitos colaterais. Todavia, cabe ressaltar que com o isolamento da variedade israelensis de Bt, que não apresenta efeitos colaterais, a β -exotoxina se tornou de menor importância.

Outros metabólitos de Bt com atividade inseticida já foram detectados, sendo porém de menor ou nenhuma aplicação prática até os dias de hoje.

Essas considerações auxiliam na compreensão da importância da seleção da variedade mais adequada para produção de inseticida à base de Bt. Ela será realizada em função do uso que

será feito do preparado final, uma vez que a atividade inseticida está baseada na presença da endo ou beta-toxinas, esta última sendo produzida apenas por umas poucas variedades, independentemente da formação do esporo e cristal.

Aspectos aplicados

a) Introdução

Entre 1920 e 1940 várias bactérias entomopatogênicas foram testadas, porém apenas o Bt e o B. popilliae se destacaram como possíveis candidatos. Entretanto, como o B. popilliae se reproduz apenas no hospedeiro vivo, suas possibilidades de produção em larga escala são muito restritas. Isso fez com que apenas Bt, que se desenvolve facilmente em diferentes meios de cultura artificiais, pudesse ser produzido industrialmente.

A produção comercial de Bt, assim como de outros microrganismos, invariavelmente requer seleção de uma linhagem bem adaptada ao processo, de forma a crescer sob condições econômicas de fermentação. Além disso essa linhagem, como já vimos, deverá ser a mais ativa contra o inseto-praga a que se destina o produto.

A linhagem assim estabelecida, será mantida em laboratório, segundo técnicas de conservação microbiológica adequadas.

O estabelecimento de meios de cultura para o bom crescimento, esporulação e formação de endotoxina é indispensável. Para isso, é importante conhecer os requisitos nutricionais do Bt. Até hoje são poucos os estudos sobre este item. Para fins gerais, entretanto, sabe-se que bons resultados são conseguidos com meios contendo extrato de levedura. Sabe-se também que meios contendo apenas glicose + sais minerais precisam ser complementados com pelo menos 0,2% de ácido glutâmico para promover o crescimento do Bt.

Para o crescimento vegetativo, Bt necessita de glicose ou pentose; deve ainda assimilar nitrogênio para a etapa de esporulação e excreção de metabólitos e antibióticos.

Assim, um meio com bom suprimento de carbono, nitrogê

nio e uns poucos sais promove o crescimento vegetativo adequado de Bt. Decorrido algum tempo desse início, ocorrerá a exaustão do meio em seus nutrientes, o que promoverá a esporulação. Neste momento, a célula começa sua transformação morfológica que gerará o esporo e o cristal ao final de algumas horas.

As condições de crescimento serão estabelecidas em função do máximo rendimento em esporos e cristal, e não somente em função do crescimento celular. O suprimento de oxigênio (uma vez que Bt é aeróbico) é fator importante no rendimento em esporos, e também do ponto de vista econômico, pois um alto volume de oxigênio representa elevado gasto de energia para injetar o mesmo no meio de cultura. A temperatura ótima situa-se entre 28 e 32°C.

Um esquema simplificado do processo de produção é apresentado na Figura 3.

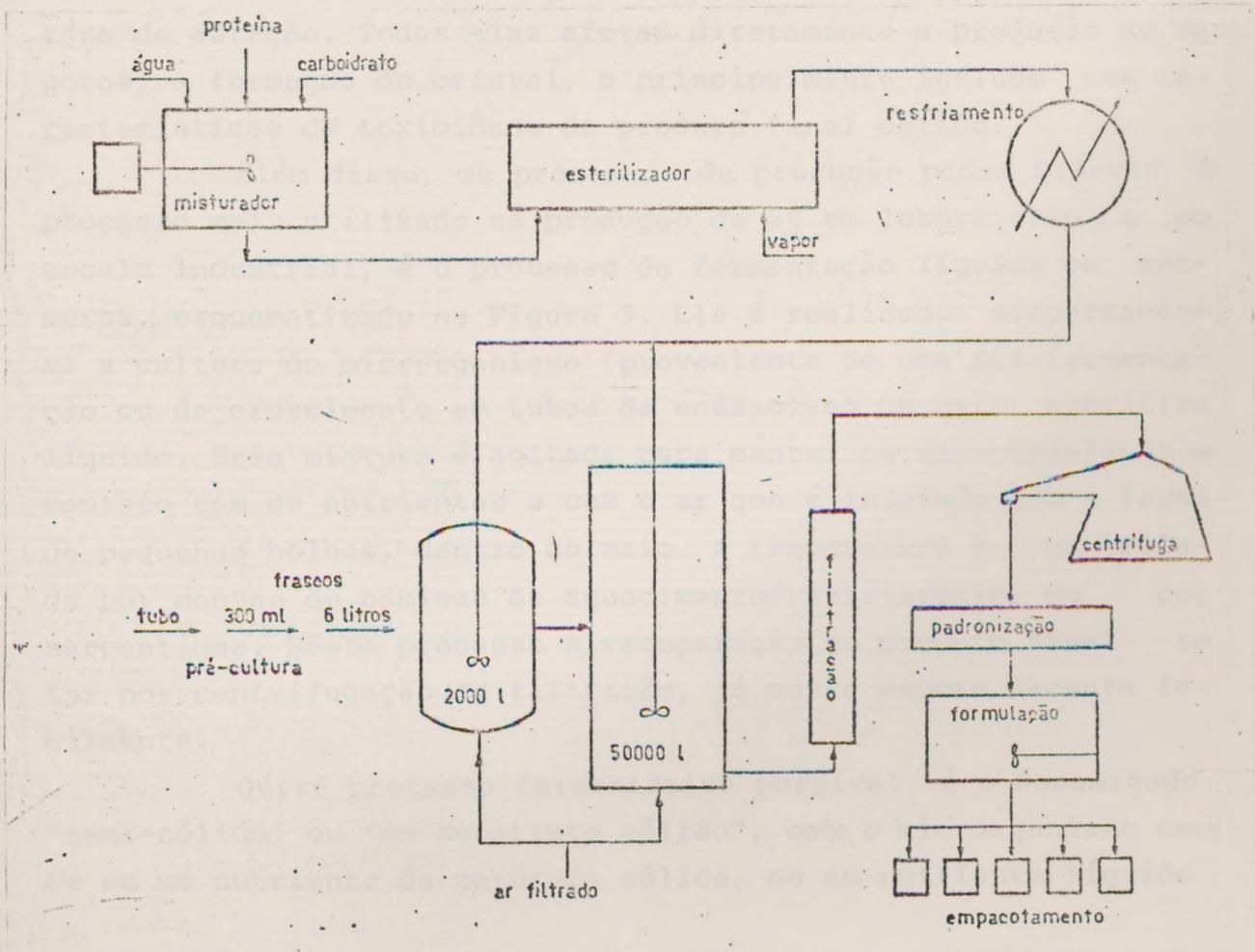


Figura 3. Esquema do processo de fermentação de *B. thuringiensis* em meio líquido.

b) Aspectos do processo fermentativo

Quando se considera qualquer processo fermentativo de produção de microrganismos, deve-se conhecer os efeitos de alguns aspectos fundamentais, como os efeitos benéficos ou adversos de variáveis como velocidade de agitação, velocidade de aeração, tamanho e forma do fermentador, configuração das pás de agitação, entre outros, bem como da dinâmica de crescimento, esporulação e produção de metabólitos desejado por parte do microrganismo.

Com respeito ao processo de produção do Bt, vários trabalhos foram publicados, entretanto, a comparação entre resultados é muitas vezes impossível, ou pela falta de detalhes do equipamento, ou porque as condições utilizadas são extremamente diversas. De modo geral, entretanto, as variáveis mais importantes são a concentração de açúcares e pH do meio de cultura, e a taxa de aeração. Todas elas afetam diretamente a produção de esporos, a formação do cristal, e principalmente influem nas características de toxicidade do produto final obtido.

Além disso, os processos de produção podem diferir. O processo mais utilizado na produção de Bt em laboratório e em escala industrial, é o processo de fermentação líquida ou submersa, esquematizado na Figura 3. Ele é realizado dispersando-se a cultura do microrganismo (proveniente de uma pré-fermentação ou de crescimento em tubos de ensaio) em um meio nutritivo líquido. Essa mistura é agitada para manter os microrganismos em contato com os nutrientes e com o ar que é injetado sob a forma de pequenas bolhas, dentro do meio. A temperatura é controlada por mantas ou camisas de aquecimento/resfriamento, ou por serpentinas. Neste processo a recuperação do produto final se faz por centrifugação ou filtração, já que o esporo decanta facilmente.

Outro processo fermentativo possível é o denominado "semi-sólido" ou "em substrato sólido", onde o microrganismo cresce em um nutriente de natureza sólida, ou em nutriente líquido

adsorvido na superfície de pequenas partículas de suporte sólido. Esse processo se caracteriza por uma alta razão área superficial:volume, utiliza pouco espaço e proporciona trocas térmicas e gasosas razoáveis. Ele se diferencia do submerso, além dos fatores já citados, pelo requisito de umidificação adequada e processo final de recuperação do produto. Um esquema simplificado do processo é apresentado na Figura 4.

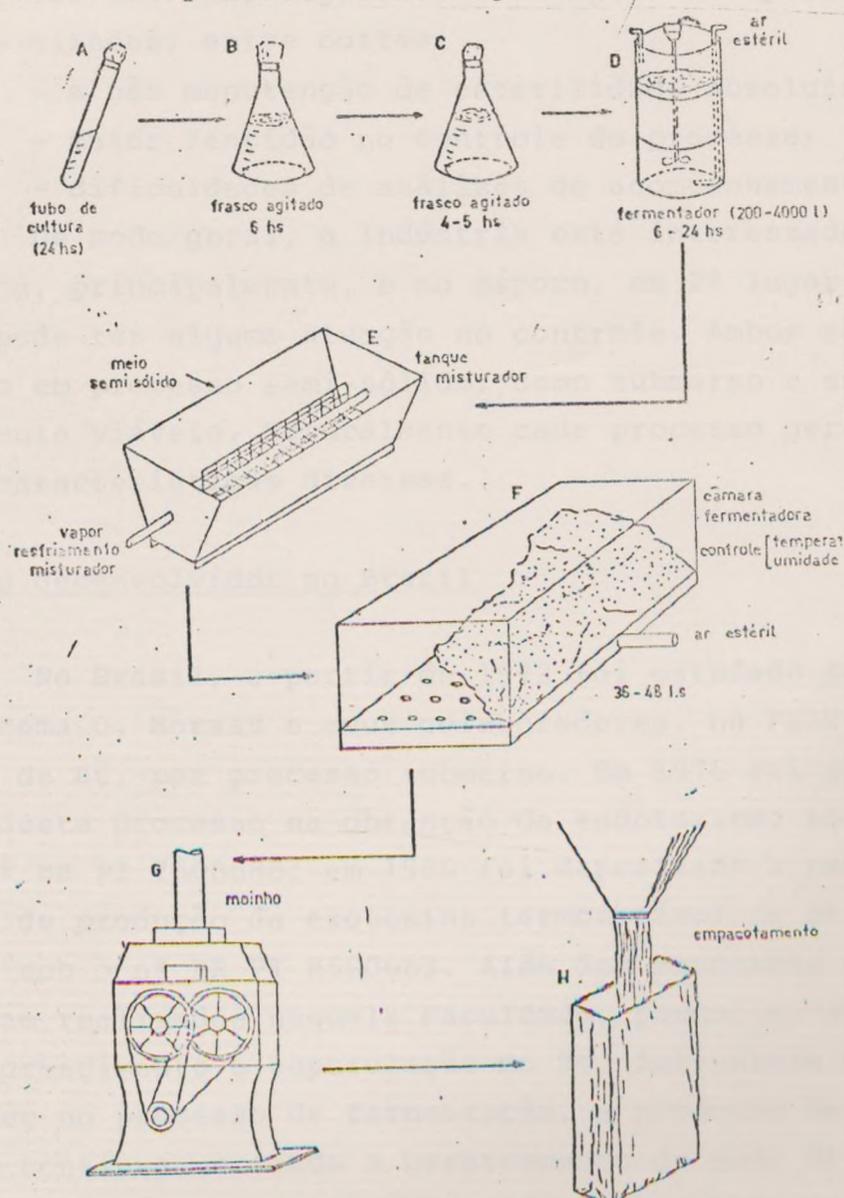


Figura 4. Esquema do processo de fermentação semi-sólida de *B. thuringiensis*.

Algumas vantagens do processo semi-sólido em relação ao submerso são:

- baixo custo do equipamento;
- baixo custo operacional;
- equipamento simples e fácil de ser operado;
- recuperação do produto é simples e barata.

Por sua vez, algumas desvantagens se apresentam, podendo ser citadas, entre outras:

- a não manutenção de esterilidade absoluta;
- maior lentidão no controle do processo;
- dificuldades de análises de acompanhamento.

De modo geral, a indústria está interessada na delta endotoxina, principalmente, e no esporo, em 2º lugar, uma vez que ele pode ter alguma atuação no controle. Ambos são produzidos tanto em processo semi-sólido, como submerso e ambos são comercialmente viáveis. Naturalmente cada processo gerará produtos com características diversas.

Trabalhos desenvolvidos no Brasil

No Brasil, a partir de 1972 foi estudado pela Profa. Dra. Iracema O. Moraes e seus colaboradores, na FEA/UNICAMP, a produção de Bt, por processo submerso. Em 1976 foi depositada a patente deste processo na obtenção da endotoxina, hoje registrada sob nº BR PI 7608688; em 1980 foi depositada a patente do processo de produção da exotoxina termoestável de Bt, hoje registrada sob o nº BR PI 8500663. Além dos processos de fermentação, foram realizados naquela Faculdade, pesquisas sobre a cinética de crescimento e esporulação do Bt, influência da aeração e agitação no processo de fermentação, a produção de Bt em fermentação contínua, e ainda o barateamento do meio de cultura líquida, através da utilização de resíduos industriais.

Com a colaboração da FEA/UNICAMP, o CNPDA/EMBRAPA iniciou em 1985 estudos sobre a viabilidade de produção do Bt por

processo semi-sólido, utilizando resíduos sólidos agroindustriais como meio de cultura. Esse processo pouco, investigado no Ocidente, tem gerado produtos de importância industrial e de alta qualidade no Japão e alguns outros países do Oriente. Os resultados obtidos até o momento com Bt são estimulantes.

Além dessas pesquisas sobre processo de produção, as aplicações de campo vem sendo realizadas separadamente em vários pontos do País, utilizando produtos comerciais.

Nos últimos 5 anos, as pesquisas sobre produção de Bt cresceram muito no Brasil, mostrando o interesse e a importância da pesquisa sobre esse tema num país que ainda hoje é importador de produtos à base de Bt. Entretanto, pouquíssimos são os trabalhos publicados que dizem respeito à produção em escala piloto e industrial.

Aspectos de Segurança

Quando se utiliza um inseticida, seja ele biológico ou químico, é interessante para o ecossistema que permaneçam vivos alguns insetos-praga (abaixo do nível de dano econômico) para que a cadeia alimentar não sofra interrupção. Neste sentido, os inseticidas biológicos, e em especial o Bt, são seguros.

Quando se observa levantamentos da presença de Bt no ambiente, nota-se que ele ocorre com frequência no solo, em insetários ou locais de criação intensiva de insetos, como a de lagartas de bicho-da-seda. Entretanto, apesar de ser frequentemente encontrado em insetos, quase nunca ele foi o causador de uma epizootia. Isso ressalta um ponto positivo sobre o Bt: ele não é um agente infectivo eficiente, por si só, porém é um efetivo produtor de toxinas com ação inseticida específica.

Sabe-se que quando um inseto suscetível ingere um preparado à base de Bt (esporo/cristal), ele morrerá. Apesar de, após a morte do inseto, os esporos terem capacidade de se desenvolver na carcaça do inseto morto, não há método natural efi-

ciente para sua transferência para outros membros da mesma espécie. Se isso por um lado limita o interesse no uso de Bt (uma vez que mais aplicações se farão necessárias, e em períodos distintos), por outro ele é um fator de segurança muito importante (pois o controle se limitará à área aplicada conhecida e bem definida).

Tanto a delta-endotoxina como os esporos incorporados aos produtos de Bt, não apresentam toxidez aos mamíferos, nem aos predadores e insetos benéficos e não são fitotóxicos. Devido a essas características, tais produtos são atualmente isentos de restrição de uso, podendo inclusive ser aplicados imediatamente antes da colheita (esse é um fator muito interessante na proteção de determinadas culturas).

Além disso, até o momento não se demonstrou resistência de insetos ao Bt.

De modo geral o Bt atende assim as exigências mínimas de segurança para uso em campo.

Perspectivas

Uma vez que se estima que os bioinseticidas representarão, dentro de 10 a 15 anos, aproximadamente 50% do mercado mundial de inseticidas, deve-se estar preparado para suprir essa demanda. Assim, com relação a produção de Bt, especificamente, podemos considerar alguns aspectos:

- Informação do usuário: o uso do Bt requer: a) maior informação por parte do agricultor posto que deve-se conhecer a época correta para aplicação quando as larvas são novas; b) a ação da toxina requer 2-3 dias para causar a morte do inseto, ou seja, a morte não é imediata como nos inseticidas químicos; c) as condições ambientais devem ser favoráveis - como o Bt deve ser ingerido pelo inseto para provocar sua

morte, e como as condições de temperatura, luz e umidade influem na atividade de alimentação, a eficiência da aplicação está vinculada a esses fatores.

- Eficiência das variedades - estudos com vistas a aumentar a resistência do Bt aos inseticidas químicos e fatores físicos, trarão benefícios na eficiência dos produtos no campo, são assim de grande importância para a fase de escolha da variedade a ser produzida.
- Estudos genéticos e de mecanismos de ação - a recombinação genética já foi utilizada para transferir características de produção da toxina para outra bactéria (Bacillus subtilis) que apresenta uma produção muito superior em relação ao volume de fermentação; outra linha de estudo genético, conseguiu transferir a característica de produção da toxina a uma outra bactéria muito comumente encontrada nas folhas, e portanto muito mais adaptada às variações do ambiente. Esses 2 exemplos mostram todo o potencial do Bt como agente inseticida.
- Estudos sobre o processo fermentativo - naturalmente para aumentar a produção do Bt mais estudos serão necessários para esclarecer a dinâmica do processo de esporulação e produção da endo-toxina, bem como melhorar e otimizar o processo fermentativo industrial.
- Eficiência de formulação e aplicação - o desenvolvimento de formulações mais eficientes para manter o Bt ativo em campo por um maior tempo, bem como a otimização de processos de aplicação promoverão uma maior confiança nos produtos.

Até o momento, os altos custos têm dificultado o trabalho de difusão de produtos à base de Bt, porém com a possibilidade

de produção nacional, baseada em meios de cultivo e processos mais baratos, o quadro pode se tornar mais favorável.

Lembrando-se dos aspectos de impacto ambiental e dos aspectos de segurança envolvidos com o uso de Bt, conclui-se que as vantagens superam as desvantagens.

Se o mercado de bioinseticidas crescer como está estimado, uma considerável redução no uso de produtos químicos é esperada. Entretanto, devemos lembrar que apesar dos custos mais baixos, o desenvolvimento de novas formulações, melhorias genéticas e aparecimento de novas linhagens, a utilização do Bt (e aqui se pode estender o fato a outros inseticidas biológicos) deverá ser realizada em combinação com os inseticidas químicos como parte de uma estratégia de controle integrado de pragas.

LITERATURA CITADA

- CAPALBO, D.M.F.; MORAES, I.O. Produção de inseticida microbiológico com Bacillus thuringiensis. Jaguariúna, EMBRAPA-CNPDA, 1987. 15p. (Boletim de Pesquisa, 1).
- CAPALBO, D.M.F.; MORAES, I.O. Aspectos da produção de Bacillus thuringiensis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 11., Campinas, 1987. Anais, Campinas, 1987. v.2, p.75-84.
- LIMA, J.O.G. de.; ZANÚNCIO, J.C. Controle da lagarta do cartucho do milho, Spodoptera frugiperda, pelo carbaril, carbofuran, Dipel (Bacillus thuringiensis), e endossulfan. Revista Ceres, v.23, n.127, p.222-225, 1976.
- MAGNI, S.T. et al. Aplicação de Bacillus thuringiensis var. israelensis no controle de simúlídios (Diptera, Nematocera). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 11, Campinas, 1987. Anais. Campinas, 1987. v.2, p.85-93.
- MORAES, I.O.; CAPALBO, D.M.F. Brasil cria novo inseticida não tóxico. Ciência Hoje, v.7, n.41, p.12-13, 1988.
- RIBEIRO, G.T.; OLIVEIRA, A.C. Aspectos operacionais da aplicação do Bacillus thuringiensis em áreas reflorestadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 11., Campinas, 1987. Anais. Campinas, 1987, v.2, p.94-104.
- ZAGATTO, A.G.; ORLANDO, A.; COUTINHO, J.M. Estudo sobre o emprego do Bacillus thuringiensis Berliner no controle de insetos de grãos armazenados. O Biológico. v.29, p.234-236, 1963.
- ALVES, S.B. Controle microbiano de insetos. São Paulo, Manole, 1986. 407p.

FORMULAÇÕES DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS

Cláudia C. Medugno¹

Introdução

Os microrganismos são os principais reguladores de populações de insetos sob condições naturais, cumprindo essa função de várias maneiras. Por exemplo, existem metabólitos bacterianos que são tão potentes quanto inseticidas químicos. Fungos entomopatogênicos e vírus também espalham infecções letais entre as populações de insetos.

O uso de técnicas avançadas em biologia molecular, engenharia genética e biotecnologia tem expandido o potencial de microrganismos como agentes de controle. Durante os últimos quarenta anos, foi desenvolvido um grande número de inseticidas químicos que controlam a maioria das pragas. Esses inseticidas apresentam desvantagens bem conhecidas, como o aparecimento de resistência, baixa especificidade e impacto negativo no meio ambiente. Tais fatores iniciaram e intensificaram a pesquisa para busca de alternativas mais próximas dos mecanismos de defesa natural.

No Brasil, a prática de controle biológico chega a alcançar, em alguns casos, um nível comparável ao dos melhores programas do mundo, e a quantidade de pesquisa e experimentação deixa antever um crescimento no emprego desta técnica no combate às pragas da agricultura brasileira. Os programas mais expressivos que

¹ Pesquisadora do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da EMBRAPA. Área de Formulações.

utilizam entomopatógenos são:

- Bacillus thuringiensis - bactéria contra larvas de lepidópteros em diversas culturas. É comercializado no Brasil atingindo um volume entre 50 e 100 ton/ano do produto acabado;
- Metarhizium anisopliae - fungo no combate à cigarrinha da cana-de-açúcar;
- Baculovirus anticarsia - vírus no combate à lagarta da soja. O CNPSO/EMBRAPA espera em 93/94 abranger uma área de 15 a 20 milhões de hectares de soja tratados com o baculovírus.

Historicamente, os maiores esforços foram direcionados para vírus e bactérias, com a quase exclusão de fungos entomopatogênicos. Como regra, bactérias e fungos podem crescer in vitro, independentemente do hospedeiro ou do tecido do hospedeiro, enquanto vírus são produzidos em insetos vivos. Somente patógenos disponíveis para produção em larga escala, em meio economicamente factível, podem ser considerados viáveis como inseticidas. As técnicas de produção massal de vários patógenos, como Bacillus thuringiensis e Baculovirus anticarsia já estão dominadas, e vários outros patógenos já foram estudados em condições nacionais como Bacillus subtilis, Beauveria bassiana e Metarhizium anisopliae. Porém, tais patógenos têm seu uso em larga escala limitado pela falta de uma formulação adequada.

Por razões técnicas e econômicas, as formulações de inseticidas microbianos têm seguido linhas similares às preparações químicas convencionais. Diferenças específicas existem porque inseticidas microbianos não dependem apenas da ação de um veneno químico, mas exploram a atividade de entidades vivas, ou autoreplicadoras. Assim, no desenvolvimento comercial de formulações de entomopatógenos, a pesquisa preocupa-se com a manutenção da viabilidade e virulência durante os processos de produção, estocagem e aplicação. Os principais fatores a serem considerados na escolha do tipo de formulação para o efetivo controle de pragas com entomopatógenos, são os ciclos de vida, mecanismos de infecção e, es-

pecialmente, a biologia dos estágios infectivos do agente patogênico.

Mecanismos de infecção

Bactérias

B. thuringiensis e, em menor extensão, B. sphaericus, são duas bactérias produtoras de toxinas cujo espectro de atividade envolve insetos pertencentes à ordem Lepidoptera, importante em agricultura e reflorestamento, e à ordem Díptera, algumas espécies de mosquitos e borrachudos vetores de doenças tropicais. A toxina de B. thuringiensis é o único inseticida biológico produzido em quantidades substanciais (milhares de toneladas por ano).

Tais bactérias patogênicas a inseto, após a ingestão oral atacam seus hospedeiros por toxinas pré-formadas ou ganham acesso à hemocele por um processo do tipo fagocitose, onde proliferam, até que o hospedeiro sucumbe à infecção. Essas endotoxinas são de natureza proteica, sintetizadas pela célula esporulante e depositadas em uma forma cristalina. O cristal é ingerido por larvas suscetíveis e transformado em meio biologicamente ativo pelas proteases do suco intestinal. O primeiro alvo são células do epitélio intestinal, que são rapidamente destruídas. A atividade da toxina é tão alta que quantidades da ordem de nanogramas são requeridas para matar a larva suscetível; somente 20-50g por hectare do ingrediente ativo são suficientes para dar um bom controle. A replicação celular da bactéria nos tecidos do hospedeiro também pode conduzir à doença e à morte. O modo de ação molecular é ainda desconhecido, e assunto de pesquisa em muitos laboratórios.

Vírus

Muitos vírus são patogênicos a insetos e, dentre eles, os membros da família Baculoviridae parecem representar uma al-

alternativa potencialmente viável aos inseticidas químicos. Os baculovírus são ecologicamente aceitáveis como inseticidas porque: 1) morfologicamente eles não se assemelham a vírus conhecidos de vertebrados e plantas; 2) geralmente possuem uma faixa restrita de hospedeiro; 3) testes de segurança têm mostrado que eles são inofensivos aos organismos não-alvo. Os baculovírus, quando usados como inseticidas, são espalhados nas folhas e ingeridos pelas larvas alvo. O corpo de inclusão (virions oclusos em uma matriz proteica cristalina) se dissolve no meio alcalino do intestino, liberando virions infecciosos. A replicação ocorre nos núcleos das células. Baculovírus oclusos têm um ciclo de replicação bifásico: 1) vírus extra celular é produzido por germinação através da membrana da célula 10 a 24 horas após a infecção; 2) vírus maduros iniciam o processo de oclusão 15 a 18 horas após a infecção. O vírus extracelular é responsável pelo espalhamento da infecção nos diversos tecidos da larva, enquanto o vírus ocluso dissemina a infecção na população de insetos, uma vez que os tecidos das larvas mortas são comidos por larvas saudáveis.

Fungos

Apesar do fato dos fungos constituírem o maior grupo de patógenos de inseto, representados por uma estimativa de 750 espécies, somente um é registrado para uso comercial nos Estados Unidos. A ação dos fungos tem sido descrita como altamente dependente das condições atmosféricas e do micro ambiente. O sucesso no uso de fungos de insetos na proteção de culturas, depende do entendimento dos fatores que controlam a distribuição da doença (e.g. epizootia) e da seleção de cepas efetivas. Presentemente, a maioria dos fungos explorados comercialmente infecta o inseto por meio de esporos. Teoricamente, apenas um esporo é necessário para iniciar a infecção. A rota primária é através do integumento: o esporo como unidade infectiva, germina na superfície do hospedeiro, e a hifa alcança a hemolinfa por penetração através da

cutícula. Numerosos fungos produzem toxinas que desempenham um importante papel durante a colonização da hemocele. O controle por fungo é de especial interesse no caso de insetos sugadores, onde a rota oral não é acessível.

Formulação de entomopatógenos

O termo formular significa a ação de expressar em uma forma precisa. Na área química, formular é a ação de encontrar uma combinação apropriada de ingredientes de um produto, e expressar suas concentrações matematicamente em uma fórmula. Segundo Van WALKENBURG, a formulação de um pesticida é definida quando se mistura o princípio ativo com qualquer coisa, inclusive água. Em outras palavras, qualquer pesquisa na combinação de um princípio ativo e um segundo material é uma pesquisa em formulação.

A forma final de um defensivo representa um compromisso entre as propriedades físicas e químicas do ingrediente ativo, a eficiência agronômica, e fatores econômicos ligados a sua produção e comercialização. Os inseticidas biológicos apresentam as exigências de qualidade de qualquer defensivo convencional. Por exemplo, a formulação de um entomopatógeno com vida de prateleira superior a 18 meses é crítica para a industrialização. A razão é simples: se a preparação não for viável, virulenta e estável por um período prolongado, ela não é econômica do ponto de vista comercial. O produto deve apresentar diluição satisfatória em água com ampla faixa de dureza, composição e temperatura, frequentemente em mistura com outros pesticidas. A composição diluída deve se manter em suspensão ou diluição por um período de horas ou dias, em uma variedade de pulverizadores que podem ser agitados. O fator diluição está na faixa de 1:5 a 1:1000, e muitas vezes a formulação deve cobrir esses extremos. A formula-

particular. Muitos fungos produzem toxinas que são responsáveis
importante papel durante a colonização da hospedeira. O conteúdo
por tempo é de especial interesse no caso de insetos sugadores,
onde a toxicidade é essencial.

Formulação de entomopatógenos

O termo formulação significa a ação de expressar em uma
forma precisa. Na área química, formulação é a ação de encontrar
uma combinação apropriada de ingredientes de um produto, e ex-
pressar essas concentrações matematicamente em uma fórmula. Segundo
de Van WALKENBORG, a formulação de um pesticida é definida quan-
do se mistura o princípio ativo com quaisquer coisas, inclusive
água. Em outras palavras, qualquer pesquisa na combinação de um
princípio ativo e um veículo material é uma pesquisa em formula-
ção.

A forma física de um defensivo representa um compromisso
so entre as propriedades físicas e químicas do ingrediente ati-
vo, a eficiência econômica, e fatores econômicos ligados a sua
produção e comercialização. Os inseticidas biológicos apresentam
as exigências de qualidade de qualquer defensivo convencional.
Por exemplo, a formulação de um entomopatógeno com vida de prate-
leira superior a 18 meses é crítica para a industrialização. A
taxa de aplicação no preparo não pode ser viável, viável e es-
tável por um período prolongado, não há é econômica do ponto de
vista comercial. O produto deve apresentar alta estabilidade
em água com ampla faixa de pH, composição e temperatura. Ele
deve permanecer em mistura com outros pesticidas. A composição final
deve ser capaz de manter um agente ou princípio por um período de no-
tas ou dias, em um intervalo de pulverizações que podem ser
aplicadas. O fator diluição está na faixa de 1:2 a 1:1000, e mu-
tas vezes a formulação deve cobrir essas extremas. A formula-

ção também não pode interferir com o processo de infecção, não pode afetar a cultura adversamente e, se possível, deve aumentar a chance de transmissão da doença. A tecnologia de aplicação deve ser compatível com as já existentes no mercado, e o custo da formulação e a disponibilidade dos componentes devem resultar em um produto de preço competitivo. Uma vez pulverizada, a formulação deve se espalhar para dar uma cobertura satisfatória, e as gotículas devem se reter no alvo.

A padronização do produto é essencial para a efetiva formulação do pesticida. Os inseticidas biológicos representam um problema especial, uma vez que não podem ser padronizados por análises químicas. A padronização deve ser analisada do ponto de vista do fabricante (manutenção de certas qualidades), e do usuário (eficácia contra a peste). A padronização é feita através de bioensaios, comparando-se a atividade do patógeno com padrões de referência. O controle de qualidade por parte do fabricante resulta em algum grau de padronização industrial, que pode diferir quando os produtos são comparados, devido a diferentes processos de produção, o uso de diferentes isolados, ou o uso de diferentes insetos (ou qualidade de insetos) no bioensaio. Foi proposto por BURGEJON & DULMAGE, que o rótulo identifique a toxina específica e suas características (cepa/isolado, possível serologia, identificação biológica de toxinas e atividade específica), e a quantidade de ingrediente ativo, obtido por bioensaios em comparação com padrões.

A padronização é muito mais difícil de se obter com baculovírus do que com B. thuringiensis. O nível de infectividade de unidades complexas replicantes é menos estável que o de endotoxinas. Problemas adicionais são devidos ao grande número de baculovírus e cepas.

A padronização de pesticidas virais deve incluir identificação e estabilidade de cada ingrediente ativo, estabelecimento de bioensaios reprodutíveis, estabelecimento de métodos pa

ra padronização e estocagem de padrões por longos períodos.

Formulações secas - pó, pó molhável, grânulos

O termo "seco" refere-se à forma na qual o princípio ativo é formulado e estocado até o momento do uso. Algumas formulações secas são misturadas com água no momento da aplicação, para serem pulverizadas. Apesar disso, são consideradas secas.

O principal inerte encontrado em pó, pó molhável e granulados é o diluente, também chamado carregador. O diluente de uma formulação pode ser qualquer material, orgânico ou inorgânico, que dilua o ingrediente ativo à uma concentração em que possa ser aplicado pelas práticas agrícolas convencionais.

O princípio ativo dos inseticidas biológicos é a menor entidade unicelular capaz de causar a infecção (esporos, poliedros e bacilos).

As argilas são os diluentes mais comumente usados, porque são disponíveis em grandes quantidades, a um baixo custo e são facilmente manuseadas durante a manufatura e aplicação. Para misturar os componentes de uma formulação no estado sólido, é necessário reduzir o tamanho das partículas por processos de cominuição. Porém, tais processos, quando aplicados aos pesticidas biológicos podem romper fisicamente o ativo, que então perde a habilidade de causar a doença.

Pó

Os pós são formulações secas, aplicadas no campo, sem posterior diluição. A concentração do princípio ativo nestes produtos varia de 1 a 20 %, e o restante é completado com diluente. As principais propriedades para se avaliar um diluente para este tipo de formulação, são o tamanho da partícula, a densidade de compactação e a fluidez. A fluidez de um pó é a velocidade com que o material pode ser despejado. É medida pela resistência do

pó em fluir quando colocado em um plano inclinado. Os diluentes que tendem a aglomerar e formar bolos, requerem um grande ângulo de inclinação antes de começarem a fluir. A fluidez depende da forma, densidade e, em menor extensão, do tamanho das partículas. Quando o tamanho é reduzido, diminui a importância de diferenças na forma. Se fluírem livremente, partículas dentro de uma faixa de tamanho podem ser rapidamente misturadas.

A densidade de compactação do inerte (uma medida da capacidade de empacotamento das partículas) vai afetar o grau de cobertura do pesticida, o arraste pelo vento, a penetração nas folhagens, a facilidade de manuseio durante a produção e aplicação, o custo do empacotamento e transporte etc. Produtos feitos com inertes muito leves são espalhados pelo vento, com baixa deposição das partículas nos locais onde a praga deve ser controlada. Os inertes mais pesados não oferecem boa cobertura e são difíceis de aplicar. Existem diluentes sintéticos, como CaCO_3 e Ca_2SiO_4 , que são especialmente planejados para aumentar ou diminuir a densidade de compactação. Esses diluentes também auxiliam na moagem e retardam a formação de bolos nos pós secos.

A formulação pó seco é necessária para fungos que germinam imediatamente quando expostos à umidade ou à água. Os esporos, na forma seca, também são mais fáceis de estocar e aplicar. Uma típica formulação de esporos contém 5-10% do ativo e 90 a 95% de diluente. A mistura dos dois componentes é feita em misturadores que se assemelham à ação de um misturador de cimento. Os esporos e o diluente devem estar muito secos para se conseguir uma mistura uniforme.

Pó molhável

Um pó molhável é formulado para ser diluído com água no momento da aplicação no campo.

A formulação de um pó molhável é mais difícil que a formulação de sistemas de dois componentes (pós secos e granula-

dos). A razão é que agentes surfactantes devem ser adicionados para que se obtenha uma suspensão pulverizável quando o pó é diluído no tanque de aplicação.

Um pó molhável é composto pelo princípio ativo, surfactantes, inertes, e possíveis adjuvantes, como os agentes de adesão (que conferem as características de deposição em folhas), filtros solares, compostos gustatórios para a atração de insetos etc. A qualidade de uma formulação pó molhável é julgada pela rapidez da molhabilidade quando misturada em água, e pela estabilidade da suspensão obtida quando a formulação é diluída nas condições de aplicação no campo. No preparo de uma formulação pó molhável, quando as partículas do sólido não estão associadas, elas sedimentam sob a força da gravidade, e podem ficar tão perfeitamente empacotadas a ponto de se ligarem irreversivelmente. A redução do tamanho das partículas ou o aumento da viscosidade da fase contínua são insuficientes para eliminar a sedimentação (partículas muito finas presentes em um meio viscoso decantam mais lentamente que partículas maiores mas, após a sedimentação, elas se organizam em um denso arranjo estrutural difícil de re-suspender). A formulação de um pó molhável requer que a sedimentação seja minimizada, e isso pode ser conseguido pela produção de um sistema parcialmente floculado. Um floco é uma gaiola de partículas mantidas juntas em uma estrutura tridimensional relativamente aberta. Os surfactantes são adicionados à formulação para promover floculação reversível, conferir molhabilidade e reduzir a sedimentação na mistura do tanque.

Os sistemas surfactantes usados em pós molháveis, consistem de uma mistura de um agente dispersante e um agente molhante. A quantidade de cada componente varia de 1 a 10 % do peso total da formulação. A seleção do par compatível é um processo empírico, sendo geralmente necessário um grande número de tentativas. Os surfactantes da classe dispersante são adicionados aos pós molháveis para promover a formação de flocos reversíveis.

A molhabilidade de um pó é o tempo requerido para um dado peso da formulação umidecer completamente e submergir a superfície da água. Quanto menor for o período de tempo (em segundos) requerido para o umidecimento, melhor é a molhabilidade da formulação. A velocidade da molhabilidade pode ser aumentada pela escolha apropriada de agentes molhantes, como os não iônicos, que são preferidos devido à baixa reatividade química, baixa fitotoxicidade, e razoável estabilidade sob condições ácidas e alcalinas. Também não são afetados por água dura.

Outro componente essencial da formulação pó molhável é o inerte. O papel do inerte está longe de ser apenas o de um diluente sólido. Materiais finamente divididos, como argilas e óxidos, quando adicionados à uma suspensão podem, sob certas condições, eliminar a formação de sedimentos compactados.

O tamanho e a forma de ativo desempenham um papel importante na seleção dos demais ingredientes. No caso de um pó ou pó molhável, uma grande diferença entre o ativo e o material inerte irá causar a segregação das partículas, afetando a sua distribuição.

As primeiras formulações microbianas foram predominantemente pós molháveis, isso é evidente pelas várias marcas de B. thuringiensis que estão atualmente no mercado, como Thuricide e Dipel. A maioria dos baculovírus tem sido formulada como pó molhável. A falta de esforços em formular baculovírus para aplicação como sólidos, está principalmente relacionada com o fato de as formulações testadas não oferecerem vantagens significativas sobre as formulações aplicadas como suspensão. Para fungos, estar a seco parece ser a escolha lógica, para minimizar a interação entre esporos e componentes.

Nas pesquisas iniciais de um pó molhável a indústria considera que o efeito da temperatura e umidade sobre o entomopatógeno é o mais importante. Em vários estudos separados, o nível

inerente de umidade foi um fator crítico na vida de prateleira. Temperaturas de 40° C têm pouco efeito na atividade, se a umidade for mantido inferior a 5° C.

Grânulos

Um bioinseticida formulado como grânulo é importante contra insetos que passam parte de seu ciclo de vida no solo. Os grânulos distinguem-se das demais formulações em pó pelo tamanho de partículas, limitado de 4 até 80 malhas (4,5 a 177 micra). Na prática, faixas muito mais estreitas são necessárias para se obter uniformidade do produto. Para um dado material que especifique no rótulo 30/60, um mínimo de 90% do produto acabado deve estar dentro dessa faixa. Os grânulos não devem formar bolos durante a estocagem, devendo fluir livremente quando distribuídos pelo equipamento de aplicação.

Uma formulação granular típica de um inseticida à base de fungos, contém 5 a 20 % de esporos, 80 a 90 % de carregadores e 1 a 5 % de ligante. A formulação é misturada a seco, da mesma forma que um pó, e deve-se tomar cuidado para que o processo de mistura não quebre o carregador granular em partículas muito finas. Os esporos fúngicos são inicialmente misturados com o carregador e então é feita a introdução do ligante geralmente líquido, sob mistura contínua. Um carregador granular deve ser absorvente em relação ao ligante. A sortividade está relacionada com a estrutura cristalina e a área superficial disponível do carregador.

Formulações líquidas

As formulações líquidas são as menos desenvolvidas para a produção comercial de entomopatógenos, mas provavelmente terão grande valor quando estiverem disponíveis. Por exemplo, culturas de fungos e bactérias não formadores de esporos não podem secar, sem que haja perda de viabilidade. Portanto, devem ser formula -

das como líquido ou sólido com alto teor de umidade. Se a cultura é formulada como líquido, é essencial a adição de um anticon-
taminante. Usualmente, é muito difícil encontrar um produto químico com o espectro amplo o suficiente para evitar o crescimento de microrganismos indesejáveis e que não afete a viabilidade do ingrediente ativo. Se um anticontaminante químico não puder ser encontrado, os sistemas devem ser mantidos congelados ou resfriados, para se obter a estabilidade desejada.

A água é passível de uso como veículo para espécies resistentes, como poliedros e esporos. Os poliedros, por exemplo, são estruturas muito estáveis e suspensões aquosas foram estocadas a 3° C por anos, sem nenhuma séria diminuição na virulência. Os endosporos de muitas espécies de Bacillus são também relativamente estáveis em água, mas foi notado que a presença de certos compostos pode desencadear a germinação prematura. A assim chamada fase vegetativa das bactérias é, algumas vezes, adversamente afetada pela estocagem em condições que são marcadamente hipertônicas ou hipotônicas. Dessa forma, para estocagem prolongada, a pureza da água (em termos de pH, teor iônico e orgânico) é um fator de retenção da virulência de certos patógenos.

Por outro lado, para os esporos fúngicos que germinam quando uma umidade limite é alcançada, a estocagem em água deve ser evitada. Formulações com líquidos não aquosos também apresentam muitas dificuldades. Por exemplo, é muito difícil alcançar um verdadeiro sistema não aquoso com culturas de fungos, por causa da grande quantidade de água livre que essas culturas contêm. Óleos de vários tipos têm sido usados. Óleos combustíveis são preferidos como veículos de pulverização em florestas, porque dissolvem muitos inseticidas clorados. Algumas características importantes desses óleos são custo e capacidade de adesão e espalhamento. O uso de óleo como carregador para inseticida microbiano decorre, em parte, da necessidade de colocar tais produtos

em procedimentos estabelecidos e utilizar equipamentos existentes.

Suspensões concentradas

Essas formulações consistem de uma fina dispersão de ativo particulado insolúvel (esporos, poliedros e bacilos) em água. O tamanho de partículas está dentro de uma estreita distribuição, na faixa de 2-3 micra. As suspensões concentradas contêm mais de 40 % de sólidos em peso, por unidade de volume da dispersão. Devem ser muito estáveis, com pouca sedimentação e facilmente dispersas em água adicional. A estabilização da dispersão é efetuada pela combinação de um polieletrólito solúvel em água e um agente surfactante não iônico.

A formulação requer todas as propriedades físicas de pós dispersíveis em água mas, adicionalmente, deve permanecer dispersa ou suspensa no líquido por longos períodos de tempo e uma variedade de temperaturas. Essa manutenção de dispersibilidade ou ausência de aglomeração, requer que as partículas permaneçam separadas umas das outras, e também suspensas sem se agregarem no fundo da embalagem.

A separação física das partículas requer dois aditivos adicionais: um colóide hidrofílico para cobrir as partículas individuais e aumentar a viscosidade do meio; uma combinação de surfactantes e polieletrólitos para alterar a alta carga superficial das partículas suspensas. As suspensões concentradas devem ser testadas para dispersibilidade e habilidade de passarem através de malhas finas, depois que a composição envelheceu por várias semanas a 35° C.

As suspensões concentradas oferecem muitas vantagens em relação às outras formulações. Por exemplo, são fáceis de medir e não formam pó. No entanto, a sua preparação e estabilização exigem inúmeros testes para assegurar alta qualidade. Os

equipamentos de moagem, o tipo e a concentração dos agentes mo-
lhantes, dispersantes e formadores de filmes devem ser escolhi-
dos cuidadosamente para que atinjam estabilidade física e bioló-
gica. Técnicas envolvendo o uso de computadores têm sido muito
úteis no desenvolvimento de suspensões concentradas.

Surfactantes e inertes - estudos de compatibilidade

Após identificar um conjunto de surfactantes e inertes
capazes de satisfazer as qualidade físico-químicas requeridas pa-
ra uma dada formulação, é necessário estudar a compatibilidade
biológica entre o microrganismo e cada componente.

As moléculas dos surfactantes possuem um caráter hidro-
fílico e hidrofóbico, o que lhes dá propriedades características:
são capazes de adsorver nas interfaces (gás/líquido, líquido/lí-
quido e líquido/sólido), para formar monocamadas; em solução, se
agregam para formar micelas. Graças a estas duas propriedades, os
surfactantes respondem, por exemplo, pela quebra ou criação de
espumas, por tornar uma superfície molhável ou repelente à água,
e por manter um sólido em suspensão. A associação química dos
surfactantes com a membrana dos microrganismos pode causar incom-
patibilidade ou perda da viabilidade do patógeno. A compatibili-
dade é determinada também pela concentração do surfactante. Atu-
almente, mais de 4 mil surfactantes estão disponíveis para uso
em formulação de inseticidas biológicos. Porém, para efetuar uma
seleção correta, tem-se disponível apenas testes subjetivos e in-
formação dos fornecedores. São, então, necessários longos perí-
odos de estocagem das formulações para uma avaliação correta do
efeito dos ingredientes.

Quanto aos inertes, esses são quimicamente ativos. De-
vem ser inertes em relação à praga, mas possuir características
que alterem, por exemplo, a duração da estocagem. O princípio
ativo deve ser testado para compatibilidade com o inerte, e um

método para determinar isso é estocar cada mistura a várias temperaturas, e então medir a degradação biológica. Uma rápida degradação indica incompatibilidade e abreviada vida de prateleira. A apropriada seleção de uma argila diluente promove o aumento na vida de prateleira por três maneiras: manutenção de um pH favorável, absorção de metabólitos e modificação do microclima. A flutuação do pH é considerada o principal fator que influi sobre a população de microrganismos. A sobrevivência de um organismo em uma formulação é dependente do pH inicial e da capacidade tampicante da argila diluente. Algumas argilas, como a montmorilonita, possuem uma capacidade muito maior para tamponar o pH dos microrganismos durante a estocagem. As argilas, provavelmente, exercem maior influência nos microrganismos por causa de sua grande área superficial.

... use in agriculture. In: PAPAVIDAS, G.S.
 ... control of crop production. Ottawa: Allanheld, Osm.
 1981, p.151-160.

... J. Principles of pesticide formulation. In: FORMULATION
 of pesticides in developing countries. New York: United Nations,
 1983, chapt.2, p.13-24.

... C.M.; COUCH, T.L. The nucleopolyhedrovirus of *Heliothis*
 species as a microbial insecticide. In: SURGES, H.D. *Microbial*
control of pests and plant diseases. 1970-1980. London:
 Academic Press, 1981. Chapt.17, p.339-353.

... P.; ARIP, B.N. Designing microorganisms for insect control.
Bio-technology, Cambridge, v.2, n.1, p.23-25, 1985.

... E.M.; COUCH, T.L. Formulations of entomopathogens. In:
 ... T.M.; ARSSON, N.B. *Pesticide formulations and*
application systems - third symposium. Philadelphia: American
 Society for Testing and Materials, 1981, p.5-11.

LITERATURA CITADA

- ANGUS, T.A.; LUTHY, P. Formulation of microbial insecticides. In: BURGESS, H.D.; HUSSEY, N.W. Microbial control of insects and mites. New York : Academic Press, 1971. chapt.28, p.623-628.
- ATTWOOD, D.; FLORENCE, A.T. Surfactants in suspension systems. In: ATTWOOD, D.; FLORENCE, A.T. Surfactant systems : their chemistry, pharmacy and biology. London : Chapman and Hall, 1983. chapt.9, p.567-611.
- DIETRICK, E.J. Commercial production of entomophagous insects and their successful use in agriculture. In: PAPAVIDAS, G.C. Biological control in crop production. Totowa : Allanheld, Osmun, 1981. p.151-160.
- FLANAGAN, J. Principles of pesticide formulation. In: FORMULATION of pesticides in developing countries. New York : United Nations, 1983. chapt.2, p.13-64.
- IGNOFFO, C.M.; COUCH, T.L. The nucleopolyhedrosis virus of Heliothis species as a microbial insecticide. In: BURGESS, H.D. Microbial control of pests and plant diseases, 1970-1980. London : Academic Press, 1981. chapt.17, p.329-362.
- LUTHY, P.; ARIF, B.M. Designing microorganisms for insect control. Bioessays, Cambridge, v.2, n.1, p.23-25, 1985.
- SAMICKA, E.M.; COUCH, T.L. Formulations of entomopathogens. In: KANEKO, T.M.; AKESSON, N.B. Pesticide formulations and application systems : third symposium. Philadelphia : American Society for Testing and Materials, 1983. p.5-11.

- SEAMAN, D. Colloid and surface science and technology in the pesticide industry. Chemistry and Industry, London, v.12/14, p.159-165, Mar. 1979.
- SOPER, R.S.; WARD, M.G. Production, formulation and application of fungi for insect control. In: PAPAIVIZAS, G.C. Biological control in crop production. Totowa : Allanheld, Osmun, 1981. chapt.12, p.161-180.
- TADROS, T.F. Control and assessment of the physical stability of pesticidal suspension concentrates. Chemistry and Industry, London, v.15, p.211-218, 1980.
- TADROS, T.F. Physical stability of suspension concentrates. Advances in Colloid and Interfaces Science, New York, v.12, p.141-261, 1980.
- YOUNG III, S.Y.; YEARIAN, W.C. Formulation and application of baculoviruses. In: GRANADOS, R.R.; FEDERICI, B.A. The biology of baculoviruses. Boca Raton : CRC Press, 1986. v.2, p.157.

Introdução

Desde os primórdios da civilização, quando o homem abandonou sua condição de nômade para se instalar em local onde pudesse criar e alimentar seus descendentes, descobriu que parte da sua colheita era consumida por outros seres vivos, como as aves, insetos e outros animais. As doenças, com seus até então invisíveis agentes causais, eram consideradas como castigo divino.

O homem aprendeu rapidamente que se não combatesse as pragas que destruíam suas plantações, estaria condenado à fome. Desta forma, foi estabelecido a relação entre as pragas e os prejuízos causados. O estabelecimento da relação entre doenças de plantas e prejuízo foi somente após o aperfeiçoamento do microscópio em 1715. Muitos consideram o ano de 1728 como o do surgimento da Fitopatologia, com a publicação dos trabalhos de Duhamel sobre fungos causadores de podridões de raízes em açafrão. Entretanto, somente em 1853 com De Bary a Fitopatologia foi colocada em bases racionais.

A Fitopatologia é a ciência que estuda as doenças das plantas, abrangendo todos os seus aspectos, desde diagnose, sintomatologia, etiologia, epidemiologia, até o seu controle.

¹ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, Área de Fitopatologia.

a) Importância

A Fitopatologia, nesses seus quase 2 séculos, evoluiu aceleradamente, entretanto, as doenças de plantas continuam responsáveis por grandes problemas sociais e perdas médias em até 25%.

Existem alguns exemplos clássicos da importância das doenças de plantas. Nos anos de 1845 e seguintes, na Inglaterra e Irlanda, onde a batata era a base da alimentação do povo, ocorreram epidemias de Phytophthora infestans sobre aquela planta. Sendo a Irlanda a que mais sofreu. Fontes relatam que como consequência do desequilíbrio econômico e social que se seguiu à doença, durante a década seguinte, cerca de 500 mil pessoas morreram e aproximadamente, 1 milhão emigrou para outros países. Fato curioso é que por este motivo a família Kennedy se instalou nos EUA. Também é clássico o exemplo da ferrugem do cafeeiro no Leilão e da tristeza dos citros no Brasil. Infelizmente, não existem apenas exemplos históricos. Em 26 de maio de 1989 foi publicado artigo no Jornal "O Estado de São Paulo", caderno de economia, intitulado: "NEMATÓIDE DEIXA RASTRO DE DESTRUIÇÃO", afirmando que: "... em 8 anos o nematóide (Meloidogyne incognita); transformou os 210 quilômetros que separam Marília/SP da divisa com Mato Grosso do Sul no corredor da fome. De Oswaldo Cruz/SP o Panorama/SP, a região mais atingida, 23 cidades queimaram, abandonaram ou destruíram 40 milhões de pés de café neste período. O resultado foi o desemprego, o alcoolismo e a pobreza. Não há opção econômica: em 50 anos de exploração agrícola desordenada, o solo se exauriu e não agüenta suportar nenhuma cultura - só pasto".

..."A população dessas cidades que chegou a 500 mil habitantes na década passada, caiu para menos de 300 mil. Hoje há mais boi que gente por aqui, calcula o prefeito de Dracena/SP. Cálculos mostram que em 400 alqueires de café, trabalhavam 100

famílias, o mesmo espaço ocupado por pastos emprega apenas duas. Conseqüência: a mendicância e as favelas crescem nesses municípios. As autoridades acreditam que mesmo a entrada de variedades resistentes não reverterá o quadro".

Ainda no caderno de economia de "O Estado de São Paulo" de 18/02/90, foi publicada matéria intitulada "Cacau desaparece do Sul da Bahia", afirmando que a doença conhecida como Vasoura-de-bruxa tem arrasado os cacauais. Sendo que inúmeros produtores estão queimando os pés de cacau e plantando capim. A vasoura de bruxa estava confinada à Amazonia onde a perda chega a 40%, tendo só recentemente sido constatada ao Sul da Bahia. Ela causa um superbrotamento na planta, nos frutos novos provoca deformação e amadurecimento precoce e nos frutos maiores, podridão negra e dura.

Outra doença com grande poder destrutivo, o cancro da haste da soja foi constatado pela primeira vez em fevereiro de 1989 em Ponta Grossa/PR. Em 89/90 já era encontrado em praticamente todas as áreas produtoras de soja do País. Nas lavouras onde as plantas foram afetadas mais cedo, as estimativas foram de 50 a 80% de redução de rendimento (YORINORI, 1990). Os estudos de controle da doença foram iniciados.

b) Conceitos

Do ponto de vista econômico, STAKMAN & HARRAR (1957) definem doença como: uma desordem funcional ou anormalidade constitucional que é prejudicial à planta, para alguma de suas partes ou produtos, reduzindo o seu valor econômico.

A definição frente à biologia mais aceita é a de GAUMANN onde "doença é um processo dinâmico no qual hospedeiro e patógeno, em íntima relação com o ambiente, se influenciam mutuamente, no que resultam modificações morfológicas e fisiológicas". Mais recentemente tem sido verificado que, além do hospedeiro e patógeno, em íntima relação com o ambiente, há necessidade de considerar a população dos organismos não patógenos, como os antago

nistas, neste processo.

LUKEZIC et al (1980) considerando a fisiologia da planta definem doença como "uma alteração na utilização de energia".

Princípios de controle

Controle é o emprego de medidas que visam impedir ou diminuir a incidência de doenças de modo a evitar ou diminuir os prejuízos por elas ocasionados. Naturalmente, interessa ao homem o controle econômico, aquele que dê resultados suficientemente positivos a ponto de os gastos efetuados, serem compensados pelo valor do aumento produzido, visto que medidas de controle, eficientes ou não, sempre redundam em aumento do custo de produção, (KIMATI, 1978).

Sendo a doença processo resultante da interação do triângulo Hospedeiro-Patógeno-Ambiente, qualquer rompimento nesse triângulo interrompe o curso da doença. Todas as medidas de controle se fundamentam neste princípio.

a) Princípios de Whetzel

Whetzel em 1929 sistematizou os métodos de controle em 4 princípios gerais: exclusão, erradicação, proteção e imunização. Atualmente, inclui-se o princípio da terapia e, no conjunto, são conhecidos como princípios de Whetzel.

Os princípios de Whetzel seguem uma seqüência lógica de vez que: pela exclusão se procura prevenir a entrada do patógeno numa área isenta; com a erradicação, visa-se prevenir o estabelecimento do patógeno, já introduzido, através de sua eliminação; pela proteção, procura-se prevenir o contato do hospedeiro com o patógeno já estabelecido; pela imunização procura-se impedir o estabelecimento de relações parasíticas íntimas entre o hospedeiro e o patógeno que entram em contato e; pela terapia se procura curar a planta doente, aquela na qual estabeleceu a relação parasí-

tica íntima com o patógeno (KIMATI, 1978).

A exclusão no âmbito internacional é feita através de legislação fitossanitária promulgada pelos órgãos governamentais. Se baseia em proibição ou fiscalização do trânsito de plantas ou produtos vegetais. Ex.: Proibição da importação de Rubiáceas e de plantas cítricas para evitar a entrada da ferrugem do cafeeiro e do cancro cítrico no Brasil. Entretanto não surtiram os efeitos desejados.

A exclusão pode ser aplicada em âmbitos mais restritos, como a proibição, que existia, de livre trânsito de material cítrico, de onde ocorria o cancro cítrico, para as regiões essencialmente citrícolas do Estado de São Paulo. Esta medida também pode ser aplicada pelo próprio agricultor ao usar sementes e mudas sadias.

Exemplo mais recente: Entrada do cancro da haste da soja (Diaparthé phaseolonum f.sp. meridionalis), que poderia ter sido evitada com adequado controle da importação de sementes.

A erradicação visto como eliminação completa do patógeno de uma região, só é tecnicamente possível, quando o patógeno tem restrito espectro de hospedeiros e baixa capacidade de disseminação, e economicamente viável, quando a presença do patógeno ainda se restringe a uma área geográfica insignificante. Em âmbito restrito, medidas de erradicação, incluem: eliminação de plantas ou partes vegetais doentes, práticas culturais como eliminação de hospedeiros selvagens, aradura profunda do solo, eliminação dos restos de cultura, "roguing", desinfestação química e física do solo, tratamento de sementes.

A proteção, prevenção do contato direto do patógeno com o hospedeiro, é comumente obtida pela aplicação de fungicidas (visando diretamente os patógenos) ou de inseticidas (visando diretamente os vetores). É possivelmente o princípio que experimentou os maiores impactos de desenvolvimento tecnológico, desde a descoberta da calda bordalesa até a dos inseticidas e fungicidas sistêmicos. O produto utilizado idealmente, deve ter alta toxi-

dez inerente contra o patógeno e grande estabilidade mesmo nas condições mais adversas de clima, sem contudo, provocar danos à planta ou desencadear o desequilíbrio biológico.

Vencidas as barreiras protetoras utilizadas pelo homem, o patógeno enfrenta, por parte da planta hospedeira, resistência maior ou menor ao seu desenvolvimento, já antes da penetração, na penetração, nas fases subsequentes do processo doença, na extensão dos tecidos afetados, na produção do inóculo. Mesmo que essa resistência seja baixíssima, resta ainda a possibilidade de, como ocorre em certas interações patógeno hospedeiro, não resultar em danos profundos para a planta afetada. É na exploração dessas características das plantas que se fundamenta o princípio de imnização, resultando então o uso de variedades ditas imunes, resistentes ou tolerantes.

O uso de cultivares imunes, resistentes ou tolerantes é o método ideal de controle.

Vem sendo desenvolvido a imunização de plantas através de substâncias químicas e de proteção cruzada ou pré-imunização. Com o advento dos fungicidas sistêmicos tem se tornado viável a imunização química das plantas. Essas tornam-se resistentes porque em seus tecidos existe concentração adequada do fungicida ou porque o fungicida induz a planta a produzir substâncias tóxicas ao patógeno. O exemplo notável de pré-imunização, de uso mais corrente, é o das plantas cítricas com estirpe fraca do vírus da tristeza, que estando presente nos tecidos onde ocorre a síntese de novas partículas do vírus, não permite a multiplicação da estirpe forte, posteriormente inoculada, do mesmo vírus.

A terapia é a recuperação da planta doente mediante eliminação do patógeno infectante ou propiciando condições favoráveis para a reação do hospedeiro. Exemplos: uso de fungicidas sistêmicos, cirurgia de lesões em tronco de árvores, tratamento térmico.

De modo geral, as medidas de exclusão impedem as fases de disseminação e inoculação; as de erradicação visam eliminar ou diminuir o patóge

no na fonte de inóculo; as de proteção visam impedir ou dificultar a germinação e penetração do patógeno no hospedeiro, medidas de imunização visam dificultar ou impedir o desenvolvimento do processo doença e as de terapia tem por finalidade interromper o processo em desenvolvimento.

b) Outros princípios

Regulação - princípio pelo qual se previne a doença pela manipulação do fator ambiente. Manipulação da umidade e temperatura.

Evasão - prevenção da doença pelo plantio em época ou áreas, quando, ou onde o inóculo é ineficaz, raro ou ausente. Se baseia em táticas de fuga.

Controle de doenças de plantas

Informações sobre sintomas, causas e mecanismos de desenvolvimento de doenças de plantas é interessante e justificadas cientificamente, mas, o mais importante no todo, é o seu uso no desenvolvimento de métodos de controle das doenças e desta forma, aumentar a quantidade e melhorar a qualidade dos produtos das plantas.

Os vários métodos de controle podem ser classificados em legislativo, cultural, biológico, físico e químico, dependendo da natureza dos agentes empregados no controle da doença.

a) Método legislativo

Para impedir a importação e disseminação de patógenos de plantas de fora e de dentro do país ou dos estados ou mesmo dos municípios, podem ser sancionadas leis que regulam o trânsito, plantio e distribuição de determinadas culturas.

Esses métodos são aplicados principalmente através de

- quarentena, proibição de trânsito de material, inspeção de campo e de armazéns, obrigatoriedade de tratamentos fitossanitários e outros.

b) Métodos culturais

É o controle das doenças através da manipulação cultural das plantas.

Rotação de cultura

Para o controle das doenças do sistema radicular, esta tem sido provavelmente a prática que apresenta os melhores resultados, sendo a mais recomendada e geralmente, a menos empregada e por um período desprezada. Atualmente com os conceitos de manejo integrado, grande ênfase vem sendo dada a esta prática.

As rotações tem como efeito a diminuição do potencial de inóculo e poderá exercer melhor controle da doença quando o patógeno tiver poucos hospedeiros, não possuir estruturas de resistência e/ou apresentar baixa sobrevivência na rizosfera das plantas. O exemplo clássico é o controle do mal do pé do trigo causado por Gaeumanomyces graminis var. tritici, utilizando rotação com culturas não hospedeiras.

Erradicação do hospedeiro. Eliminação das plantas hospedeiras do patógeno em determinada área. Exemplo, eliminação de hospedeiros secundários e/ou selvagens pode levar à erradicação do patógeno ou drástica diminuição do inóculo;

Redução ou eliminação do patógeno. Através da eliminação de plantas ou partes vegetais doentes. Esta retirada previne a disseminação do patógeno para plantas ou partes vegetais saudáveis. Uma das técnicas empregadas é a poda das partes doentes;

Adequar condições de crescimento das plantas. Plantas com maior vigor apresentam aumento de resistência ao ataque do patógeno. Podem ser incluídas: fertilização, drenagem dos campos,

irrigação, espaçamento, controle de pragas e ervas daninhas;

Criar condições desfavoráveis ao patógeno. Adequada drenagem reduz o número e a atividade de certos patógenos, adequação da acidez do solo pode desfavorecer o desenvolvimento de patógenos; outras medidas como irrigação e espaçamento, também podem desfavorecer os patógenos.

Utilização de mudas e sementes sadias.

Diversas outras práticas culturais podem ser utilizadas para controle de doenças.

c) Método biológico

É a redução da soma de inóculo ou das atividades determinantes da doença provocada por um patógeno, realizado por ou através de um ou mais organismos que não o homem. As atividades determinantes de doenças, envolvem crescimento, infectividade, virulência, agressividade e outras qualidades do patógeno, ou processos que determinam infecção, desenvolvimento de sintomas e reprodução. Os organismos incluem indivíduos ou populações avirulentas ou hipovirulentas dentro das espécies patogênicas; a planta hospedeira manipulada geneticamente ou por práticas culturais ou microrganismos, para maior ou mais efetiva resistência contra o patógeno, e antagonistas dos patógenos definidos como microrganismos que interferem na sobrevivência ou nas atividades determinantes de doenças causadas por patógenos. Desta forma, o controle biológico pode ser acompanhado através de práticas culturais para criar ambiente favorável aos antagonistas e resistência do hospedeiro ou ambas; melhoramento da planta para aumentar a resistência do patógeno ou adequar o hospedeiro para as atividades dos antagonistas ou outros organismos ou agentes benéficos.

Variedades resistentes. O uso de variedades resistentes é o mais barato, mais fácil, mais seguro e mais efetivo meio de

de controlar doenças de plantas em culturas para as quais tais variedades sejam disponíveis.

Indução de resistência. Há mais de 100 anos aparentemente já era conhecido o fenômeno de imunização de plantas contra seus patógenos. Entretanto, os primeiros trabalhos em que foi verificada a possibilidade de se alterar a expressão genética de uma planta, a fim de torná-la menos suscetível, datam do início do século. Podendo salientar o pioneirismo de RAY (1901), no qual relata a "vacinação de plantas" com formas atenuadas de ferrugens. A descoberta do envolvimento de compostos químicos nesta reação foi importante no avanço dessas pesquisas, da mesma forma que a descoberta do acúmulo das fitoalexinas em tecidos infectados por fungos fitopatogênicos nos anos 50 e 60. O desenvolvimento da área ocorreu a partir da década de 60.

A principal característica do fenômeno de indução de resistência reside no fato de que a ação do indutor se faz sentir no metabolismo da planta hospedeira, modificando-a, de forma a que possa atuar nas fases do desenvolvimento pós-penetração do patógeno. Inúmeros microrganismos ou seus metabólitos podem induzir o hospedeiro a alterar seus mecanismos bioquímicos de resposta de resistência da planta com reflexos na expressão da resistência.

O melhor exemplo deste mecanismo é a pré-imunização de plantas cítricas com estirpes fracas do vírus da tristeza.

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos com indução de resistência, inclusive algumas equipes consideram que este método poderá se apresentar, num futuro próximo, como uma das melhores alternativas de controle.

Hiperparasitismo. É o fenômeno de um microrganismo parasitar o outro. Hiperparasitas atacam hifas e estruturas de reprodução e sobrevivência dos patógenos de planta, reduzindo a infecção e o inóculo do patógeno. Um exemplo bem sucedido é o controle de

Catacauma torrendiella e Coccostroma palmicola, agentes causadores da lixa preta do coqueiro, com Acremonium alternatum e Acremonium persicinum, hiperparasitas isolados diretamente dos estromas dos patógenos. Esses antagonistas são multiplicados e pulverizados nos talhões de coqueiros afetados pela lixa, cujas plantas, estão no início da frutificação; época mais prejudicial da doença e quando o Acremonium não está presente. De modo geral não está havendo necessidade de reaplicação dos antagonistas.

É bastante conhecida a capacidade de Verticillium lecanii parasitar Hemileia vastatrix, agente causal da ferrugem do cafeeiro, sendo responsável pela redução natural do potencial de inóculo.

Antibiose é definida como uma interação entre organismos no qual um ou mais metabólitos produzidos por um organismo têm um efeito danoso sobre o outro. Usualmente, ocorre inibição no crescimento e/ou na germinação. O potencial do uso dos antibióticos de origem microbiana é enorme para o controle de doenças de plantas, haja visto que o produto final não necessariamente deva ser puro. Ex. Bacillus subtilis produz inúmeros antibióticos, Streptomyces kasugaensis produz kasugamicina e S. griseochromogenes blasticidina, produtos usados comercialmente há mais de 30 anos.

Competição é referente à interação entre dois ou mais organismos empenhados na mesma ação ou coisa. A competição entre microrganismo ocorre principalmente por alimento, por espaço e por oxigênio. Na natureza a competição é intensa e as práticas culturais deveriam afetar o mínimo possível este mecanismo, pois do contrário o controle biológico natural é bastante afetado.

O controle biológico vem despontando como uma interessante e viável alternativa de controle de doença, devendo nos próximos anos colaborar com o manejo integrado de doenças de plantas.

- d) Métodos físicos

Os agentes físicos mais comumente utilizado no controle de doenças de plantas são temperatura (alta e baixa) e vários tipos de radiação. As maiores vantagens dos métodos físicos são: agem sobre um largo espectro de organismos; não são poluentes, alguns são relativamente simples e baratos.

Controle de doenças por radiações

Vários tipos de radiações eletromagnéticas tais como luz ultravioleta, raios x, raios gama, bem como partículas radiativas, como partículas α e β têm sido estudadas para o controle de doenças de pós-colheita em frutos e vegetais. Resultados satisfatórios vêm sendo obtidos com uso de raios gama para controle de infecção em pós-colheita em pêsego, morango, tomate e outros. Sua viabilização depende do estabelecimento da dose de radiação requerida para matar o patógeno e não causar injúrias nos tecidos dos frutos e vegetais.

Controle de doenças por refrigeração

Refrigeração é provavelmente o método mais largamente utilizado para controle de doenças em pós-colheita dos produtos vegetais frescos. Baixas temperaturas ou levemente acima do ponto de congelamento, certamente não matam o patógeno que pode estar nos tecidos das plantas, mas inibem ou retardam seu crescimento e as atividades dos patógenos; prevenindo a ampliação das infecções e a iniciação de novas infecções.

Termoterapia

Tem por base a eliminação do patógeno presente nos órgãos propagativos pelo tratamento térmico, que consiste em aquecer o órgão durante determinado tempo e temperatura, que permitam destruir o patógeno sem injuriar em demasia o órgão propagativo. Para cada sistema órgão de propagação - patógeno há neces-

cidade de estabelecer a temperatura e o tempo de tratamento.

Os processos de termoterapia empregados atualmente são: água quente, ar quente e ar úmido. No Brasil o mais utilizado é o de água quente.

O processo é usado principalmente para tratamento de gemas ou toletes de caná-de-açúcar, visando o controle do raquitismo nos viveiros de produção de mudas.

Esterilização do solo por aquecimento

A utilização de vapor, apesar de estar sendo usado em casa de vegetação desde o final do século XIX, apresenta diversos problemas, além da dificuldade de utilização em extensas áreas. Além disso, os processos ou são empíricos como o caso do forno para produção de vapor, cujo tratamento é ineficiente e de baixo rendimento, ou sofisticados, como no caso das autoclaves que são de difícil manuseio, exigem manutenção rigorosa e consomem energia elétrica em excesso, além de sua pequena capacidade. Atualmente, qualquer que seja o processo empregado, a fonte de calor se origina ou de eletricidade ou da queima de materiais fósseis.

Em casos específicos, como esterilização de solos para experimentação, a autoclavagem é bastante utilizada e eficiente.

Para canteiros o uso de vapor é recomendado, entretanto, há necessidade de desenvolver adequados sistemas e estabelecer o tempo de tratamento para obter a eficiência desejada. O custo dependerá basicamente da atividade produtiva.

Desinfestação do solo com energia solar

Atualmente encontra-se em desenvolvimento pelo IAC/DEA e EMBRAPA/CNPDA equipamento para tratamento térmico do solo com uso direto de energia solar. O equipamento está sendo denominado coletor solar. O coletor consiste, basicamente, de canalhas de chapas de ferro galvanizado, com revestimento de lã de vidro e cobertura de plástico transparente. É capaz de concentrar

o calor obtendo-se temperaturas ao nível de desinfestar as misturas de solos utilizadas em sementeiros e viveiros de plantas. Dependendo da radiação existente atinge temperatura de até 80°C.

Solarização ou pasteurização do solo

A solarização ou pasteurização do solo é um método de controle de patógenos, pragas e ervas daninhas através da elevação da temperatura obtida com a aplicação de uma cobertura plástica fina e transparente sobre o solo úmido. O método é seguro, atua sobre um largo espectro de organismos, não polui e é relativamente simples e barato.

A inativação dos patógenos, além do efeito térmico direto, ocorre devido à sensibilidade das proteínas ao calor, mudanças nos compostos das membranas e ação enzimática. Nem sempre as temperaturas atingidas pela solarização são letais aos microrganismos fitopatogênicos, ainda assim, existe um efeito advindo do enfraquecimento do patógeno aumentando a sua vulnerabilidade aos agentes antagônicos ou simplesmente reduzindo a sua patogenicidade.

Além da ação nos fitopatógenos, a solarização colabora com a solubilização de nutrientes, (P^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , nitrogênio amoniacal e nitrato), e aumento da condutividade elétrica.

Para sua efetiva utilização há necessidade do estabelecimento do tempo de tratamento.

e) Controle químico

O mais conhecido e empregado método de controlar doenças de plantas no campo, em cada de vegetação e em armazéns é através do uso de compostos químicos tóxicos aos patógenos. Tais substâncias inibem a germinação, crescimento e multiplicação ou são letais ao patógeno. Dependendo do tipo de patógenos que afetam, são chamados de fungicidas, bactericidas, nematocidas e viricidas. Algumas substâncias são tóxicas para muitos tipos de

patógenos, outras afetam somente um tipo de patógeno e certos compostos são tóxicos para somente um pequeno ou único patógeno específico.

Até recentemente, a maioria das substâncias aplicadas nas plantas ou órgãos das plantas podiam protegê-las de subsequente infecção e não podiam parar ou curar a doença após seu início. Também, a maioria dessas substâncias eram efetivas somente no local onde eram aplicados e não eram absorvidos ou translocados pelas plantas. Atualmente, inúmeras substâncias apresentam ação terapêutica, sendo absorvidas e translocadas sistematicamente pelas plantas.

Os principais métodos de utilização dos fungicidas para controle das doenças de plantas são: pulverização na folhagem, tratamento de solo, tratamento de ferimentos em árvores, tratamento de pós-colheita, desinfestação de armazéns e controle de vetores.

A evolução no desenvolvimento de fungicidas permitiu a obtenção de substâncias extremamente eficazes. Esta evolução se faz sentir quando comparadas as recomendações de compostos cúpricos, que giram em torno de 3 kg/ha com as recomendações de alguns fungicidas sistêmicos, como os inibidores da biossíntese do ergosterol, que chegam a poucos gramas por hectare. Além da drástica redução na dosagem, pela característica de serem translocados permitem uma melhor e maior proteção.

Entretanto, o uso dessas substâncias precisa ser acompanhado adequadamente para minimização de problemas toxicológicos e residuais, de impacto no ambiente, de surgimento de resistência aos produtos e outros.

Por ser o método mais utilizado e que se dispõem de maiores informações, julgamos não ser necessário entrar em detalhes. Precisa, entretanto, ser chamada a atenção que com o atual estágio de desenvolvimento do controle de doenças de plantas apontando para a integração dos métodos disponíveis, as empresas fabricantes de fungicidas precisam passar a desenvolvê-los, visando o

uso desses produtos no contexto da integração no controle de doenças de plantas.

Integração dos métodos de controle

A integração de diferentes métodos de controle de doenças de plantas constitui uma alternativa com maiores chances de sucesso do que a utilização de um único método. A complexidade do agroecossistema requer uma abordagem multidisciplinar dos problemas a serem resolvidos. A utilização exclusiva e contínua, por exemplo, de um fungicida específico para o controle de uma determinada doença, muito provavelmente levará ao desenvolvimento de linhagens resistentes do patógeno, colocando em risco a eficiência do controle, acarretando problemas aos agricultores e às indústrias.

O controle integrado é um sistema no qual vários métodos são usados em seqüência e época adequadas, de forma a causar menores prejuízos para o homem e o ambiente, colaborando com o controle natural. Deve ocorrer a mínima interferência entre os métodos aplicados, sendo interessante um efeito aditivo ou sinérgico, onde cada medida de controle reforce as demais.

Exemplos de possíveis integrações de métodos de controle.

a) Integração entre controle físico e biológico

ELAD et al (1980) testaram a aplicação de Trichoderma harzianum após a solarização do solo e obtiveram significativa redução na incidência de Rhizoctonia solani e murcha de Verticillium em batata, com aumento de produção. Os autores concluíram que os dois tratamentos associados foram mais eficientes do que quando aplicados separados, tendo um efeito a longo prazo, visto que o aumento do potencial de inóculo foi lento.

b) Integração entre controle químico e biológico

VALDEBENITO-SANHUEZA (1989) desenvolveu um método de controle integrado de Phytophthora spp. e outros patógenos de raízes de macieira, onde a planta doente é retirada, o solo da cova e restos de raízes são tratados com brometo de metila ou formol 3% e colonizados com Trichoderma, sendo também recomendado o tratamento das árvores vizinhas antes do replantio, além de outras práticas culturais.

GULLINO & GARIBALDI (1983) observaram que devido ao desenvolvimento de resistência a benzimidazóis e dicarboximidas, dois grupos de fungicidas indicados para o controle de Botrytis cinerea, o controle químico do mofo cinzento se tornou um problema para diversas culturas na Itália.

A possibilidade de reduzir a dependência dos produtos químicos pelo uso de antagonistas tornou-se uma alternativa prática. A aplicação exclusiva de Trichoderma resulta em um controle parcial de B. cinerea se a doença ocorrer em alta incidência. Se o antagonista for alternado com o fungicida pode-se reduzir o número de aplicação do produto químico, atrasar o risco do surgimento de problemas com resistência do patógeno e aplicar o fungicida somente em períodos críticos, racionalizando o uso do produto.

Dessa foram, isolados de Trichoderma foram obtidos do solo, folhas e ramos de videira, selecionados quanto ao antagonista, a B. cinerea em bagas de uva e quanto a resistência a benzimidazóis e dicarboximidas, após tratamento com luz ultra-violeta, e quanto à esporulação na presença de fungicidas.

Em experimento conduzido em uma plantação de videira GULLINO et al (1985) pulverizaram os ramos com uma mistura de suspensões de conídios de linhagens de Trichoderma resistentes, alternado com o fungicida, e obtiveram um satisfatório controle da doença. Para os autores, o uso de uma mistura de linhagem do antagonista pode evitar a falha de um único isolado e ou explorar um

eventual sinergismo entre diferentes isolados. O fungicida foi aplicado no estágio fenológico de mudança de cor das bagas, visto ser um período crítico para infecção com B. cinerea. O Trichoderma foi aplicado nas outras fases em particular no florescimento, onde o antagonismo é necessário para evitar a instalação do patógeno.

c) Integração entre controle cultural, resistência e hiperparasitismo

O mal das folhas da seringueira, causada por Microcyclus ulei é o fator limitante do cultivo desta espécie na região amazônica. O controle químico exclusivo, apesar do alto custo, oferece resultado satisfatório para seringais jovens com até 7 metros de altura. Entretanto, em seringais mais altos, tem sido impraticável pela falta de equipamentos de pulverização adequados, aliadas às condições climáticas e topográficas inadequadas para pulverizações com equipamentos tratorizados. O controle através da resistência genética tem sido dificultado pela grande variabilidade fisiológica do patógeno, e pela dificuldade de se incorporar num mesmo clone, alta produtividade e níveis de resistência do tipo horizontal. O controle exclusivo com hiperparasitas (Dicyma pulvinata) também apresenta problemas de sobrevivência do antagonista. Assim JUNQUEIRA et al (1989) obtiveram adequado controle da doença intercalando clones enxertados com copas resistentes e clones com resistência horizontal e/ou específica (plantio multi-clonal), com pulverização do antagonista D. pulvinata. Neste caso ou também intercalando espécie de Palmáceas, os antagonistas a M. ulei são beneficiados pois as condições do ambiente dentro do seringal tornam-se propícias ao seu desenvolvimento e disseminação, além de favorecer a sobrevivência desses no seringal.

Considerações finais

A integração de métodos de controle de doenças de plantas permite a solução de problemas fitossanitários em condições

economicamente viáveis, com menores riscos de fracasso e de contaminação. Nesta abordagem, todos os métodos de controle devem ser considerados como alternativa dentro de um programa geral de controle.

De modo geral, os estudos realizados sobre a integração de métodos estão dirigidos para o controle de um determinado fitopatógeno, sendo que, do ponto de vista prático, há a necessidade do tratamento de diversas doenças, simultaneamente, além de outros problemas. Para tanto, deverá ser dada ênfase para os estudos interdisciplinares, onde cada medida será avaliada quanto às conseqüências nos fatores bióticos e abióticos do agroecossistema.

CARVALHO, F. Manual de fitopatologia. Vol. I. Princípios e controle. São Paulo, São Paulo, 1974. 373p.

STROMA et al. Guia de fungicidas agrícolas. Livragas, 1974.

SILL, W. F. Plant protection. 1969. 1st ed. California Agricultural Experiment Station, The Low State University Press, 1969. 191p.

YOKIMCHI, J. T. Guia de controle de doenças. Companhia Saneamento de São Paulo, 1974. p.1-7.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, F. O. T. Controle de doenças. In: CARVALHO, F. Manual de fitopatologia vol. I. Parte, São Paulo, p.32-57, 1974.

DEAD, Y.; KATAN, J.; CHEI, J. Physical, biological, and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. Fitopatologia St. Paul, v. 20, n. 5, p.418-424, 1974.

LITERATURA RECOMENDADA

- AGRIOS, G.N. Plant pathology. Academic Press, New York. 1978. 341p.
- ARMOND, G.; BRAGA, C.A.S.; BETTIOL, W.; GHINI, R. Desenvolvimento de um sistema de desinfestação de solo com uso direto de energia solar. Boletim de Pesquisa 3, EMBRAPA/CNPDA, 1989. 23p.
- ANAIS da 3ª Reunião Brasileira sobre controle biológico de doenças de plantas. ESALQ/USP. EMBRAPA/CNPDA.
- GALLI, F. Manual de Fitopatologia. Vol. 1. Princípios e conceitos. Ceres, São Paulo, 1978. 373p.
- KIMATI et al. Guia de Fungicidas agrícolas. Livroceres. 281p.
- SILL, W.H. Plant protection : integrated interdisciplinary approach. The Iowa State University Press, 1982. 294p.
- YORINORI, J.T. Cancro da haste da soja. Comunicado Técnico nº 44, EMBRAPA/CNPSO, p.1-7, 1990.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, P.C.T. Conceito de doença. In: GALLI, F. Manual de Fitopatologia vol.1, Ceres, São Paulo, p.52-57, 1978.
- ELAD, Y.; KATAN, J.; CHET, J. Physical, biological, and chemical control integrated for soilborn diseases in potatoes. Phytopathology St. Paul, v.70, n.5, p.418-422, Moy, 1980.

- GULLINO, M.L.; GARIBALDI, A. Situation actuelle et perspectives d'avenir de la lutte biologique et intégrée contre la pourriture grise de la vigne en Italie. In: Colloques de la Société Française de Phytopathologie, 24; 1983. Bordeaux Les antagonismes microbiens (s.l.) : INRA, 1983. p.91-97. (Les colloques de l'INRA, 18).
- GULLINO, M.L.; MEZZALAMA, M.; GARIBALDI, A. Biological and integrated control of Botrytis cinerea in Italy: Experimental results and problems. Quaderni della Scuola di Specializzazione in Viticoltura ed Enologia, Torino, v.9, p.299-308, 1985.
- KIMATI, H. Princípios gerais de controle de doenças de plantas. In: Coord. GALLI, F. Manual de Fitopatologia vol. 1, Ceres, São Paulo, p.289-296, 1978.
- LUHEZIC, F.L. CAITANO, J.; DOUGLAS, S.M.; ILLMAN, B.L.; LATHROP, L.D.; LAWRENCE, E.B.; NOLT, B.; ROYER, M.H.; STOCKWELL, C.A.; STUTZ, J.C. Some concepts of Physiological plant pathology. Phytopathology, v.70, n.6, 1980. 471p.
- ESTADO DE SÃO PAULO. Nematóide deixa rastro de destruição. Caderno de economia p.1, 26/05/1989.
- ESTADO DE SÃO PAULO. Cacau desaparece do sul da Bahia. Caderno de economia p.10, 18/02/1990.
- VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M. Uso de Trichoderma no manejo integrado de podridão de raízes de macieiras. Hortisul, Pelotas, v.1, n.1, p.23-25, 1989.
- YORINORI, J.T. Cancro da haste da soja. Comunicado Técnico nº 44, EMBRAPA/CNPSo, Londrina, p.1-7, 1990.

FITOBACTERIOSES TRANSMITIDAS POR SEMENTES BOTÂNICAS:
ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

Pedro J. Valarini¹

Importância da semente na transmissão de fitobacterioses

Um dos aspectos mais importantes que deve ser levado em consideração durante a instalação de uma cultura, é a condição de sanidade das sementes utilizadas no plantio. Estas sementes são os mesmos veículos de disseminação de inúmeros fitopatógenos, que nelas poderão se instalar e ser levados para o campo, dentre os quais encontram-se muitas fitobactérias de importância econômica. Tais patógenos podem ocasionar severas perdas de produção quando transmitidos por semente, devido às infecções que ocorrem mais cedo na cultura e ao inóculo ser igualmente distribuído no campo. Outro aspecto a considerar, é que as bactérias se disseminam rapidamente sob condições climáticas favoráveis, baixo potencial na semente poderá resultar em graves epidemias.

Sendo as sementes transportadas de um país para outro ou mesmo dentro de um estado ou região para fins de melhoramento e uso direto para produção, elas têm sido a causa da disseminação de inúmeros fitopatógenos de importância econômica no mundo. Muitos exemplos podem ser mencionados de patógenos que foram introduzidos em um país ou região, através da semente. No caso específico de fitobactérias transmitidas por sementes, pode-se resultar em um perigo a introdução de patógenos exóticos,

¹ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da EMBRAPA, Área de Fitopatologia.

tais como, Pseudomonas syringae pv. phaseolicola e Curtobacterium flaccumfaciens pv. flaccumfaciens em feijoeiro; Xanthomonas campestris pv. oryzae em arroz, e a introdução de patógenos exóticos a determinadas regiões do país, como Pseudomonas syringae pv. pisi em ervilha (SP), Xanthomonas campestris pv. passiflorae em maracujá (BA, PE e SE) e X. campestris pv. undulosa em trigo (PR e RS).

Em patologia de sementes é fundamental fazer a diferenciação entre o transporte (disseminação) e a transmissão de patógenos. Transporte é a disseminação do patógeno através da semente, que pode ser detectado e quantificado através dos testes de sanidade, enquanto que transmissão (da semente para planta), é a parte do ciclo entre a fonte de inóculo/disseminação e a colonização da planta hospedeira. Assim, a transmissão implica no transporte que proporciona uma infecção bem sucedida, isto é, dando origem a uma planta doente. Geralmente, a transmissão é quantificada através da detecção de sintomas nas plantas.

A transmissão de patógenos pela semente é reconhecida como um excelente método pelo qual os fitopatógenos são introduzidos em novas áreas, selecionados e disseminados como raças específicas a determinados hospedeiros e também distribuídos como focos primários de inóculo. A importância das sementes como meio de disseminação e transmissão de patógenos em relação a outros meios (vento, água, restos de cultura, solo, etc), se deve a diversos fatores:

- 1) Através da semente os patógenos de importância econômica podem ser transportados de um continente para o outro;
- 2) As sementes permanecem viáveis por mais tempo;
- 3) O inóculo mantém sua patogenicidade inalterada por mais tempo;
- 4) O inóculo na semente proporciona infecção precoce;

- 5) Há distribuição homogênea do inóculo pela área semeada;
- 6) Novas raças fisiológicas podem ser introduzidas pela semente.

Principais fitobacterioses transmitidas por sementes no Brasil e seus nichos de localização

Segundo NEERGAARD (1979), mais de 45 espécies de bactérias fitopatogênicas são transmitidas por sementes, das quais, no Brasil, merecem destaque: Clavibacter michiganense subsp. michiganense (cancro bacteriano do tomateiro), Pseudomonas syringae pv. glycinea (queima de folhas da soja), Pseudomonas syringae pv. lachrymans (manchas de folhas e frutos do pepino), Pseudomonas syringae pv. maculicola (mancha de folhas da couve-flor), Pseudomonas syringae pv. pisi (crestamento bacteriano da ervilha), Pseudomonas syringae pv. tomato (mancha bacteriana pequena do tomateiro), Xanthomonas campestris pv. campestris (podridão negra das crucíferas), Xanthomonas campestris pv. carotae (queima bacteriana da cenoura), Xanthomonas campestris pv. malvacearum (mancha angular do algodoeiro), Xanthomonas campestris pv. phaseoli (crestamento bacteriano comum do feijoeiro), Xanthomonas campestris pv. undulosa (estria bacteriana do trigo) e Xanthomonas campestris pv. vesicatoria (mancha bacteriana do tomateiro e pimentão).

Podendo as sementes estar contaminadas ou infectadas por diversos microrganismos, o conhecimento do tipo de associação entre a semente e a estrutura do patógeno que a acompanha é de suma importância, pois determina a escolha do método de detecção e a eficiência do controle que podem ser adotados.

As bactérias fitopatogênicas podem localizar-se sobre a superfície da semente (externa), contaminando fragmentos de tecidos ou internamente. O inóculo é superficial quando está

confinado usualmente como talos bacterianos aderentes. Exemplos: X. campestris pv. vesicatoria, X. campestris pv. undulosa, P. syringae pv. maculicola e P. syringae pv. tomato. Por outro lado, o inóculo pode localizar-se internamente nas várias camadas que envolvem a semente (tegumentos ou então no embrião, após a penetração no sistema vascular). Este é o caso das demais bactérias transmitidas por sementes que foram citadas anteriormente.

Estratégias de controle das fitobacterioses

Poucas doenças bacterianas podem ser controladas no campo. Embora a resistência genética seja um dos métodos mais eficientes de controle, verifica-se alguma dificuldade na obtenção de resistência ou tolerância nas cultivares comerciais. Outros métodos de controle cultural, tais como rotação de culturas, aplicação foliar de fungicidas e tratamento de sementes, têm sido de limitado sucesso. O controle de bactérias transmitidas por sementes pode ser feito adotando-se um conjunto de medidas baseado nos princípios de exclusão, erradicação e terapia.

A exclusão visa impedir a entrada de patógenos de material (sementes) nas áreas de influência do hospedeiro, a níveis internacionais, nacionais e regionais através de medidas normativas, como certificados fitossanitários de origem das sementes, fiscalização de trânsito de material, inspeção no comércio de sementes e quarentena. Nesse aspecto, tradicionalmente, o controle que tem apresentado melhor resultado é a utilização de sementes com elevado padrão de sanidade, obtidas através de programas de certificação de sementes. Exemplos de doenças como o crescimento bacteriano comum (X. campestris pv. phaseoli) e o cancro bacteriano do tomateiro (C. michiganense subsp. michiganense) evidenciam a importância desses programas, que envolvem tanto as inspeções visuais da cultura no campo, como os testes de laboratório para a detecção do patógeno em sementes.

Na maioria dos países da Europa e da América Latina, inclusive no Brasil, a certificação de sementes é feita apenas baseada em germinação, pureza, identidade genética e conteúdo de umidade. A certificação da sanidade de um lote de sementes, em geral, se baseia apenas nas inspeções de campo. Entretanto, como nem todas as doenças mostram sintomas no campo, essas inspeções nem sempre são suficientes para assegurar que um determinado lote de sementes esteja livre de doenças. Assim, sendo as sementes portadoras de fitopatógenos, tais como as bactérias, que na maioria das vezes nelas se instalam assintomaticamente, e quando provocam sintomas podem ser confundidos com outros patógenos ou agentes abióticos, para avaliar o estado sanitário, é necessário submetê-las à análise de laboratório. Na realização das inspeções visuais de campo, é necessário estabelecer padrões de sanidade em campo de produção de sementes, sendo que o tipo de patógeno deve ser considerado. Quando se tratar de patógenos de disseminação rápida, como a maioria dos agentes bacterianos, que provocam enfermidades de caráter explosivo cujos padrões devem ser altos com tolerância de infecção de plantas próxima de zero, como por exemplo, a bacteriose do feijoeiro (X. campestris pv. phaseoli).

Considerando um programa de certificação de sementes, em que sejam incluídos testes de sanidade, é necessário conhecer ou desenvolver métodos rotineiros para detecção de patógenos em sementes.

Esses métodos constituem o fundamento para o controle de bactérias em sementes, pois podem fornecer informações seguras para expedição de certificados de sanidade de sementes e se o nível de infecção de um lote de sementes por determinado patógeno está dentro dos limites apresentados de tolerância, necessidade e efetividade de um tratamento de sementes a fim de erradicar um patógeno específico e verificar necessidades de quarentenas.

Freqüentemente, as sementes são tratadas para controle de determinados patógenos sem saber se as mesmas estão realmente contaminadas e/ou infectadas. Em adição, o sucesso do tratamento é raramente determinado. Por exemplo, a água quente é ainda considerada o tratamento padrão para erradicar X. c. pv. campestris e X. c. pv. carotae de sementes de crucíferas e cenoura, respectivamente, quando de fato esse tratamento nem sempre é necessário, quanto mais eficiente.

Muitas técnicas têm sido avaliadas para a detecção de bactérias em sementes apresentando grandes variações quanto à sensibilidade, especificidade e complexidade em relação à semente e às bactérias testadas, sendo poucas técnicas quantitativas.

O quadro 1. indica algumas técnicas para detecção de bactérias patogênicas que ocorrem em sementes no Brasil.

Os princípios de erradicação e terapia baseiam-se na eliminação de patógenos localizados interna e externamente na semente. Na terapia, os processos envolvidos são físicos (calor/radiações) ou químicos (fungicidas de penetração ou sistêmicos), enquanto que na erradicação, são culturais (rotações, lavras), físicos (calor), químicos (fungicidas) e biológicos (introdução de antagonistas, cultura de tecidos e certificações).

Existem duas categorias de erradicação: a desinfecção (visa eliminar patógenos localizados internamente na semente) e a desinfestação (eliminar patógenos localizados na parte externa ou ligeiramente abaixo da superfície da semente). Dos diversos processos de erradicação de bactérias em sementes, os mais comuns são aplicação de calor (água quente), fermentação e produtos químicos. O quadro 2 apresenta as principais bactérias transmitidas por sementes no Brasil com seus respectivos controles.

Tradicionalmente, o tratamento contra bactérias localizadas na semente tem sido feito por imersão em água quente ou em solução de antibióticos. Entretanto, métodos mais modernos demonstraram um controle mais eficiente pela utilização de antibióticos

em pasta fluída, em especial a estreptomicina e/ou a kasugamicina, que têm a vantagem de não apresentar efeito de redução da germinação da semente.

No controle de doenças bacterianas cujos patógenos são transmitidos por sementes, geralmente, torna-se necessária a adoção de um conjunto de medidas baseado nos princípios da exclusão, erradicação e terapia. Evidentemente, é necessário levar em consideração o conhecimento do patógeno envolvido, a taxa de transmissão e a localização na semente visando interromper o ciclo das relações patógeno/hospedeiro, impedindo assim o desenvolvimento da doença.

1. <i>Erwinia carotovora</i>	1. <i>Erwinia carotovora</i>	folhas
2. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	caules e frutos
3. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
4. <i>Xanthomonas</i>	1. <i>Xanthomonas</i>	folhas
5. <i>Pseudomonas</i>	1. <i>Pseudomonas</i>	folhas
6. <i>Streptomyces</i>	1. <i>Streptomyces</i>	folhas
7. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
8. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
9. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
10. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
11. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
12. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
13. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
14. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
15. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
16. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
17. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
18. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
19. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
20. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
21. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
22. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
23. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
24. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
25. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
26. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
27. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
28. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
29. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
30. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
31. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
32. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
33. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
34. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
35. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
36. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
37. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
38. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
39. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
40. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
41. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
42. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
43. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
44. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
45. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
46. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
47. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas
48. <i>Bacterium</i>	1. <i>Bacterium</i>	folhas
49. <i>Clavibacterium</i>	1. <i>Clavibacterium</i>	folhas
50. <i>Erwinia</i>	1. <i>Erwinia</i>	folhas

Quadro 1. Métodos de detecção de bactérias transmitidas por sementes.

Métodos de detecção	Bactérias	Hospedeiros (nome comum)
1. Teste de crescimento	<u>P. syringae</u> pv. <u>glycinea</u>	soja
	<u>P. syringae</u> pv. <u>lachrymans</u>	pepino
	<u>P. syringae</u> pv. <u>pisi</u>	ervilha
	<u>X. campestris</u> pv. <u>campestris</u>	crucíferas
	<u>X. campestris</u> pv. <u>phaseoli</u>	feijão
2. Inoculação em plantas	<u>X. campestris</u> pv. <u>vesicatoria</u>	tomate e pimentão
	<u>C. michiganense</u> subsp. <u>michiganense</u>	tomate
	<u>P. syringae</u> pv. <u>glycinea</u>	soja
	<u>X. campestris</u> pv. <u>phaseoli</u>	feijão
3. Plaq. de sementes	<u>X. campestris</u> pv. <u>campestris</u>	crucíferas
4. Isolamento direto (meios seletivos e semi-seletivos)	<u>X. campestris</u> pv. <u>campestris</u>	crucíferas
	<u>X. campestris</u> pv. <u>carotae</u>	cenoura
	<u>X. campestris</u> pv. <u>phaseoli</u>	feijão
	<u>X. campestris</u> pv. <u>undulosa</u>	trigo
5. Bacteriófagos	<u>C. m.</u> subsp. <u>michiganense</u>	tomate
	<u>P. syringae</u> pv. <u>pisi</u>	ervilha
	<u>X. campestris</u> pv. <u>phaseoli</u>	feijão
	<u>X. campestris</u> pv. <u>malvacearum</u>	algodão
6. Serologia (Imunodifusão, IF, ELISA)	<u>C. m.</u> subsp. <u>michiganense</u>	tomate
	<u>X. campestris</u> pv. <u>campestris</u>	crucíferas
	<u>X. campestris</u> pv. <u>phaseoli</u>	feijão

Quadro 2. Relação das principais fitobactérias que ocorrem no Brasil e a recomendação de controle pelo princípio da erradicação.

Hospedeiros (nome comum)	Bactérias	Localização na semente (Externa - E e Interna - I)	Controle
Algodão	<u>X. c.</u> pv. <u>malvacearum</u>	E/I	Água quente (56°C - 10') Deslincamento H ₂ SO ₄
Cenoura	<u>X. c.</u> pv. <u>carotae</u>	E/I	Água quente (50-52°C - 15-20')
Crucíferas	<u>X. c.</u> pv. <u>campestris</u>	E/I	Água quente (50°C - 20') Antibiótico*
Ervilha	<u>P. s.</u> pv. <u>pisii</u>	E	Antibiótico*
Feijão	<u>X. c.</u> pv. <u>phaseoli</u>	E/I	Antibiótico*
Pepino	<u>P. s.</u> pv. <u>lachrymans</u>	E/I	Água quente Antibiótico* Ácido acético (0,5 - 4 horas)
Pimentão	<u>X. c.</u> pv. <u>vesicatoria</u>	E	Água quente (50-52°C - 20-30')
Tomate	<u>C. m.</u> subsp. <u>michiganense</u>	E/I	Fermentação*** Antibiótico*
	<u>P. s.</u> pv. <u>tomato</u>	E/I	Água quente (50°C - 30')
Trigo	<u>X. c.</u> pv. <u>undulosa</u>	E	Fungicida**

E = externa; I = interna

*Antibióticos - 0,2% de estreptomicina, 1-2 horas (ervilha e feijão); terramicina ou aureomicina - 1-2g/l, 30-60' (crucíferas e pepino); 0,1% de estreptomicina - 20-30°C (tomate).

**Fungicida - guazatine + imazalil (guazatine plus) - 30 ml/100 kg sementes de trigo.

***Fermentação anaeróbica - extração de sementes por 72-96 horas à 20-21°C.



LITERATURA CITADA

- ADVANCED INTERNATIONAL COURSE ON SEED PATHOLOGY, 1987. Passo Fundo. Proceedings ... Brasília : ABRATES / EMBRAPA / CNPq, 1987. 336p.
- DHINGRA, O.D.; MUCHOVEJ, J.J.; CRUZ FILHO, J. Tratamento de sementes (controle de patógenos). Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 1980. 121p.
- LASCA, C.C. Controle de qualidade-sanidade de sementes. In: SEMINÁRIO PAULISTA DE SEMENTES E MUDAS, 1, 1984. São Paulo. Anais ... São Paulo : Comissão Estadual de Sementes e Mudanças do Estado de São Paulo, 1985. p.363-76.
- NEERGAARD, P. Seed pathology. London : MacMillan, 1979. v.2, 839p.
- REIFCHNEIDER, F.J.B.; LOPES, C.A. Tratamento de sementes de hortaliças para controle de doenças. Brasília : EMBRAPA-CNPq, 1982. 6p. (EMBRAPA - CNPq. Instruções técnicas).
- RICHARDSON, M.J. An annotated list of seed-borne diseases. 3.ed. London : Commonwealth Agricultural Bureaux, 1979. 320p. (Phytopathological Papers, 23).
- RICHARDSON, M.J. An annotated list of seed-borne diseases : Supplement 1. 3.ed. London : Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981. 78p.

RODRIGUES NETO, J. Detecção e identificação de fitobactérias em sementes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 3, 1988. Lavras. Anais ... Campinas : Fundação Cargill, 1988. p.123-139.

SCHAAD, N.W. Detection of seedborne bacterial plant pathogens. Plant disease, St. Paul, v.66, n.10, p.885-890, 1982.

SCHAAD, N.W. Bacteria. Phytopathology, St. Paul, v.78, n.6, p.872-875, 1988.

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 2, 1986. Campinas. Palestras ... Campinas : Fundação Cargill, 1986. 167p.

SOAVE, J.; WETZEL, M.M.V.S. Patologia de sementes. Campinas : Fundação Cargill, 1987. 480p.

ALTERNATIVAS NO CONTROLE DE PRAGAS

José Maria Gusman Ferraz¹

Fernando Junqueira Tambasco²

Ecosistema Agrícola

O ecossistema agrícola, caracteriza-se por ser extremamente simplificado; nele tenta-se manter apenas a cultura implantada, livre de qualquer planta invasora, doença ou inseto fitófago. Por este fato ele torna-se extremamente instável, pois sabe-se que em um ecossistema quanto maior a diversidade, maior a estabilidade do mesmo. Aliado a isto está o melhoramento genético das plantas visando, principalmente, um ganho na produção. Quando se desloca a energia da planta para um determinado caminho, (produção de grãos, por exemplo) com certeza ela deixará de deslocar energia para produção de outros itens, como por exemplo, substâncias que lhe conferem proteção contra insetos fitófagos, e que normalmente têm um custo metabólico alto. Devido a isto, as plantas melhoradas têm uma necessidade maior ainda de "proteção".

Controle de Pragas

a) Histórico do controle de Pragas

Apenas após o desenvolvimento da agricultura, por volta de 10.000 anos atrás, com o estabelecimento de comunidades e a necessidade de estocar alimentos, o homem se preocupou em controlar uma larga variedade de organismos.

1- Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, EMBRAPA. Manejo de Pragas. Lab. Entomologia - CNPDA

2- Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa Defesa da Agricultura, EMBRAPA. Controle Biológico. Lab. Quarentena e Controle biológico.

Inicialmente, o controle de pragas era baseado em misticismo ou superstição, como oferendas a deuses ou rituais de danças. Gradualmente, através dos milênios e pelo processo de acerto e erro, os métodos de controle foram sendo conhecidos, e alguns usados ainda hoje com sucesso.

Antes do ano 2500 a.C., os Sumérios usavam compostos de enxofre para controlar pragas; por volta de 1200 a.C. na China eram usados extratos de plantas para tratamentos de sementes e fumigação; em torno de 900 a.C. os próprios chineses usavam mercúrio e arsênico para controlar insetos.

Em 300 d.C. os chineses estabeleceram colônias de formigas predadoras para controlar larvas e besouros em citros, e também ligavam uma planta à outra com pedaços de bambú, para facilitar a passagem das formigas a outras plantas.

O controle biológico teve a sua época áurea e sem restrições de 1880 até 1940, quando houve o advento do DDT.

Existem vários casos clássicos de controle biológico, um deles é o controle da cochonilha Icerya purchasi, que foi introduzida acidentalmente no final de 1860 na Califórnia (EUA) e em 1880 havia se espalhado por toda a área de cultura de citros. Em 1888 foi introduzido um inimigo natural da praga, o besouro Rodolia cardinalis. E dos 129 insetos importados e reproduzidos em laboratório em meados de 1889, foram liberados 10 mil, que em poucos meses reduziu a população da praga, e posteriormente levou ao seu controle.

Outro caso clássico de controle biológico foi o controle do cacto Opuntia sp. na Austrália, que ocupava rapidamente os espaços das pastagens e foi controlado por uma mariposa importada da Argentina, Cactoblastus cactorum Berg.

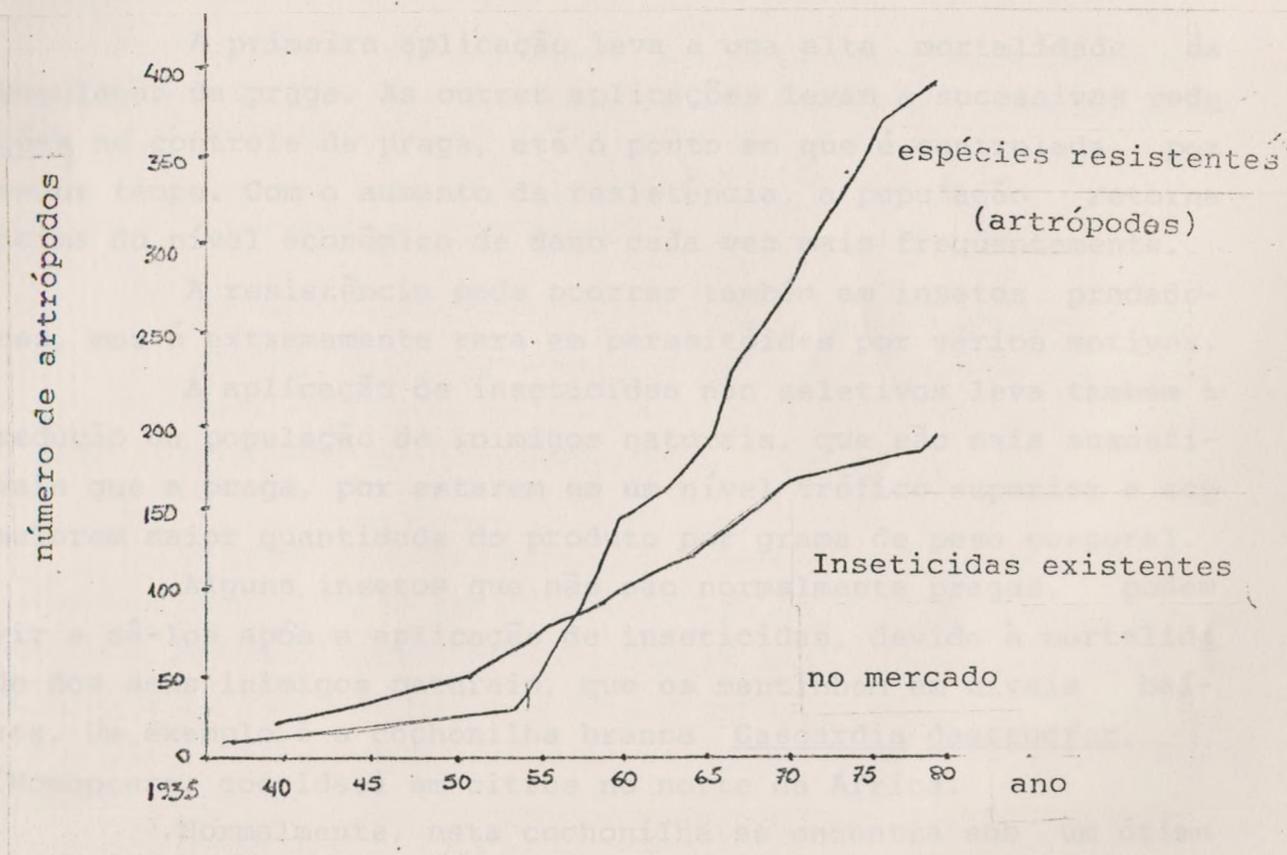
Em 1912 a importação de parasitos com hiperparasitos levou a criação de serviço de quarentena nos E.U.A. De 1940 a 1962 foi a época dos inseticidas químicos, principalmente os organoclorados. O D.D.T. foi descoberto em 1874 na Alemanha e re-descoberto em 1939, passando a ser largamente utilizado. Em se-

guida foram sintetizados outros organoclorados que também foram largamente utilizados; o herbicida 2,4D foi também descoberto nesta época. Em 1962 uma publicação, "Primavera Silenciosa", marcou o início de uma nova conscientização.

b) Utilização de inseticidas químicos e alterações nas comunidades de artrópodos

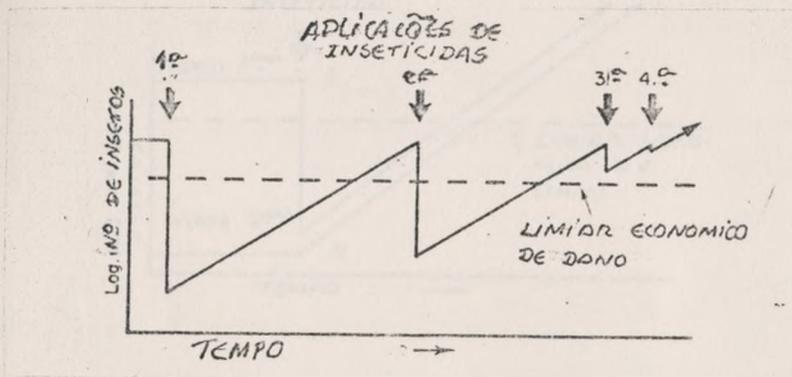
Um fato que levou à procura de novas alternativas no controle de pragas, foi a resistência das pragas aos inseticidas existentes devido ao seu uso indiscriminado.

Evolução do número de inseticidas e de espécies de artrópodos resistentes



A resistência química via seleção, pode ocorrer de uma ou várias formas: 1) retardamento na entrada do inseticida no corpo; 2) aumento da desintoxicação do organismo; 3) decréscimo

na sensibilidade ao inseticida em seu sítio de ação.



A primeira aplicação leva a uma alta mortalidade da população da praga. As outras aplicações levam a sucessivas reduções no controle da praga, até o ponto em que é controlada por menor tempo. Com o aumento da resistência, a população retorna acima do nível econômico de dano cada vez mais freqüentemente.

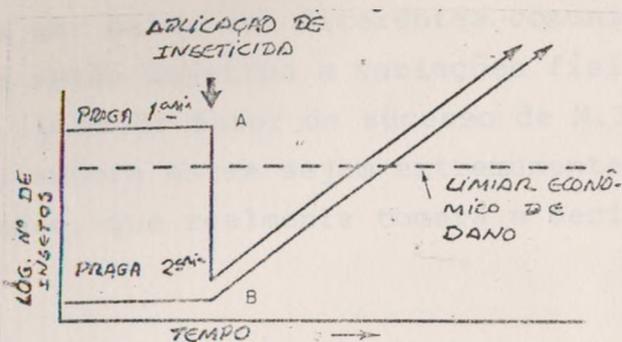
A resistência pode ocorrer também em insetos predadores, mas é extremamente rara em parasitóides por vários motivos.

A aplicação de inseticidas não seletivos leva também à redução da população de inimigos naturais, que são mais suscetíveis que a praga, por estarem em um nível trófico superior e acumularem maior quantidade do produto por grama de peso corporal.

Alguns insetos que não são normalmente pragas, podem vir a sê-los após a aplicação de inseticidas, devido à mortalidade dos seus inimigos naturais, que os mantinham em níveis baixos. Um exemplo é a cochonilha branca Gascardia destructor, (Homoptera: coccidae) em citros no norte da África.

Normalmente, esta cochonilha se encontra sob um ótimo controle natural e dificilmente é encontrado um espécime na cultura. Entretanto, quando inseticidas organoclorados persistentes (parathion e temefós) são usados no controle da praga principal, "cochonilha vermelha", os inimigos naturais são mortos e a praga se

cundária alcança níveis econômicos de dano: (Esquema abaixo).



Uma outra ocorrência é a quebra na cadeia alimentar pela aplicação de inseticidas não seletivos, que favorece o aparecimento de pragas mais tardias e economicamente mais importantes. Um exemplo é o controle de pulgões, ácaros e tripses em algodão.

c) Manejo Integrado de Pragas (MIP)

Uma série de fatores levaram a se pensar no manejo integrado de pragas, onde o controle biológico entra como um fator de grande importância, principalmente em climas tropicais onde os fatores bióticos são responsáveis por 90% do controle natural.

Os programas de manejo integrado de pragas usam uma série de práticas para se obter um controle mais efetivo das pragas. Estas práticas podem ser resumidas em seis categorias: controle biológico, resistência de plantas, controle cultural, controle autocida (envolvendo liberação de macho estéril, híbrido, incompatibilidade citoplasmática etc), controle físico e mecânico e controle químico.

É importante lembrar que ecossistemas estão sempre em evolução, nunca estáticos. O manejo do agroecossistema deve levar em conta a variação dos componentes bióticos e abióticos. Ca

da situação de manejo é única, não existindo dois campos de algo d^o, nem dois reflorestamentos em que as situações sejam idênticas. Cada um deles tem diferentes comunidades de organismos (biota) e estão sujeitos a variações físicas diferentes (abiota).

O maior fator de sucesso de M.I.P., portanto, não são as técnicas, embora estas sejam extremamente importantes, mas sim o fator humano, que realmente tomará a decisão a ser usada em cada caso.

d) Controle Natural de Pragas

O controle natural de pragas envolve fatores bióticos e abióticos. Em climas tropicais os fatores bióticos são responsáveis por 90% do controle natural de pragas, e somente 10% devido a fatores abióticos.

Controle biológico: é o controle causado por fatores bióticos; predadores, parasitos, patógenos, competição etc.

e) Controle Biológico Natural

É o controle natural sem a manipulação de inimigos naturais pelo homem.

f) Controle Biológico Aplicado

Envolve o uso ou manejo de inimigos naturais, parasitóides ou patógenos pelo homem.

g) Parasitóide e predadores

Parasitóide:

O parasitóide, usualmente, parasita o seu hospedeiro durante sua fase imatura e se desenvolve em apenas um indivíduo, matando-o quando completa o seu desenvolvimento larval.

Cerca de 15% dos insetos são parasitos, e calculando que exista mais de um milhão de insetos, devem existir cerca de 150 mil parasitóides com potencial de uso em controle biológico.

Os parasitóides também têm importância na disseminação dos patógenos na população de praga.

As características desejáveis de um bom parasito são:

- alta capacidade de busca;
- alta taxa de reprodução;
- alto grau de especificidade;
- boa sincronização com o hospedeiro e
- alto grau de adaptação às condições ecoclimáticas.

Endoparasitóide

O parasitóide se desenvolve internamente no hospedeiro.

Ectoparasitóide

O desenvolvimento do parasitóide ocorre fora do hospedeiro, obtendo a sua nutrição pela parede do corpo do hospedeiro.

Parasitóide solitário

Apenas um indivíduo completa o desenvolvimento (Ex. Ichneumonideo, Taquinideo).

Parasitóide gregário

Mais de um indivíduo da mesma espécie se desenvolve no mesmo hospedeiro (Braconídeo).

Parasitóide primário

Parasita diretamente o hospedeiro (praga).

Hiperparasitóide

Quando um parasito é parasitado por outro, o segundo é denominado de hiperparasito.

Multiparasitismo

Quando um único hospedeiro é parasitado por mais de uma espécie de parasitóide, normalmente ocorre a morte do menos agressivo.

Superparasitismo

Parasitismo de um único hospedeiro por vários indivíduos de uma única espécie. Normalmente a larva mais jovem morre sem completar o ciclo.

* Tanto o multiparasitismo como o superparasitismo ocorre quando há redução no número de hospedeiros.

Predador

São organismos de vida livre, e um único organismo pode consumir centenas de presas durante o seu ciclo de vida. Usualmente são maiores que sua presa. Os casos mais clássicos de controle biológico utilizaram a introdução de predadores.

Para afetar o menos possível os inimigos naturais, deve-se usar quando necessários, inseticidas que apresentem seletividade.

A seguir temos uma tabela onde são listados alguns inseticidas e a sua seletividade em relação a alguns organismos.

Seletividade de inseticidas e sua toxicidade para parasitóides, predadores e polinizadores.

- Inseticidas

Toxicidade para parasitóides, predadores e polinizadores

- (Piretróide)

Cypermtrim

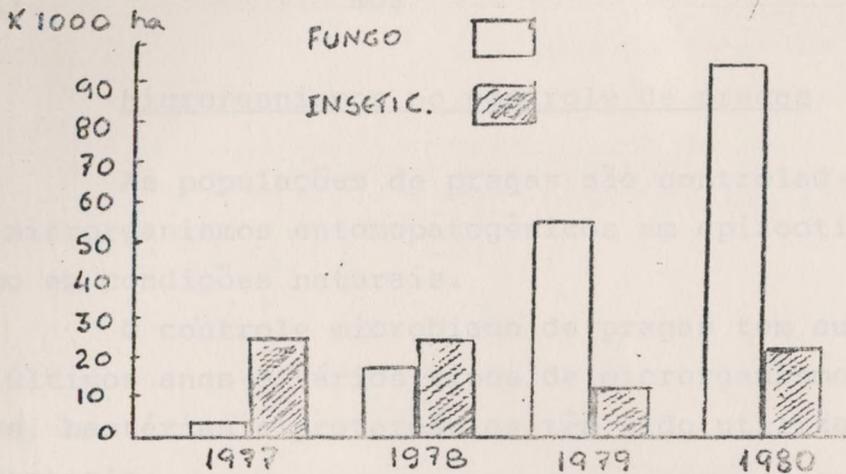
- Altamente tóxico para: ácaros predadores, abelhas parasitóides

Deltamtrim

- Medianamente tóxico para: insetos predadores

(cigarrinhas), que atacam pastagens e cana-de-açúcar.

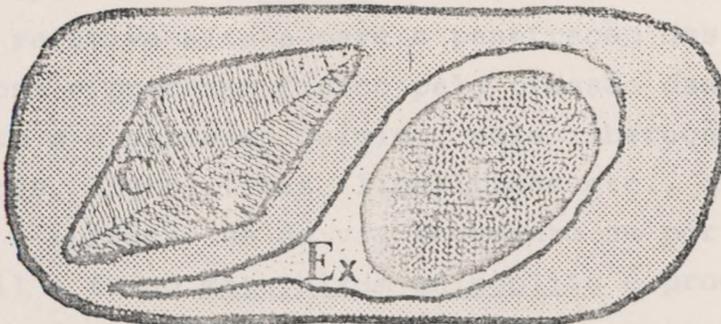
ÁREAS ONDE SE UTILIZAM M. anisopliae e inseticida no manejo integrado de cigarrinha em Alagoas.



b) Bactérias

A infecção bacteriana se dá via oral. As bactérias que apresentam maior facilidade de formulação são as bactérias esporulantes, (que formam esporos).

Bactérias do gênero Bacillus:



Esquema do Esporângio de *Bacillus thuringiensis*, contendo o exospório (Ex), endósporo (E), cristal protéico (C).

Média toxicidade para: abelhas

(Clorados) Endosulfan Baixa à média toxicidade para: parasitói-
des e ácaros predadores

Baixa toxicidade para: insetos predadores

(Fosforados) Parathion Alta toxicidade para: todos estes organis-
mos

Metil

Microorganismos no controle de pragas

As populações de pragas são controladas naturalmente por microorganismos entomopatogênicos em epizootias que ocorrem no campo em condições naturais.

O controle microbiano de pragas tem aumentado muito nos últimos anos e vários tipos de microorganismos, como fungos, vírus, bactérias e protozoários têm sido utilizados em programas de controle.

a) Fungos

Cerca de 80% das doenças de insetos são de origem fúngica. São conhecidos cerca de 90 gêneros e mais de 750 espécies de fungos que causam doenças em insetos. Os gêneros mais importantes são Metarhizum, Beauveria, Nomuraea, Aschersonia e Entomophthora.

Os fungos necessitam de condições especiais para causar uma epizootia. Para a germinação dos esporos, precisa-se de umidade relativa alta e para a penetração das hifas ocorrem dois processos: o processo físico pela pressão das hifas na cutícula do inseto e o processo químico, pela liberação de enzimas, proteolíticas, lignolíticas lipolíticas etc., que facilitam a penetração. A infecção se dá via tegumento ou por aberturas naturais. No Brasil o fungo Metarhizum anisopliae é produzido em larga escala e usado com relativo sucesso para controle de cercopídeos

A dissolução do cristal se dá em um pH alto, entre 9,5 a 10,5 e libera endotoxinas que matam o inseto ou causam "stress", facilitando a infecção pela germinação do esporo, matando o inseto por septicemia.

Bacillus thuringiensis

B. thuringiensis variedade Kurstaki (sorotipo H₃) controle de lepidópteros

B. thuringiensis variedade israelensis (sorotipo H₁₄) controle de dípteros

B. sphaericus - controle de dípteros

B. popillae - controle de coleópteros desde 1942 (besouro japonês Popillae japonica)

c) Vírus

As viroses são transmitidas via oral ou transovigênica sendo altamente específicas. São relatadas mais de 700 viroses infectando insetos e ácaros.

Os vírus são formados pelo material genético DNA (na maioria dos casos) ou RNA (ocasionalmente, principalmente nas poliedroses citoplasmáticas).

Vírus da Poliedrose nuclear:

Possuem tamanho de 0,5 a 15 micrometros e podem ser vistos ao microscópio ótico em aumento de 400 vezes.

As poliedroses nucleares são encontradas em Anticarsia gemmatalis (lagarta da soja), Alabama argillacea Eupseudosoma aberrans, E. involuta (praga de eucalipto) e em Erinnyis ello (mandorová da mandioca).

Vírus da granulose:

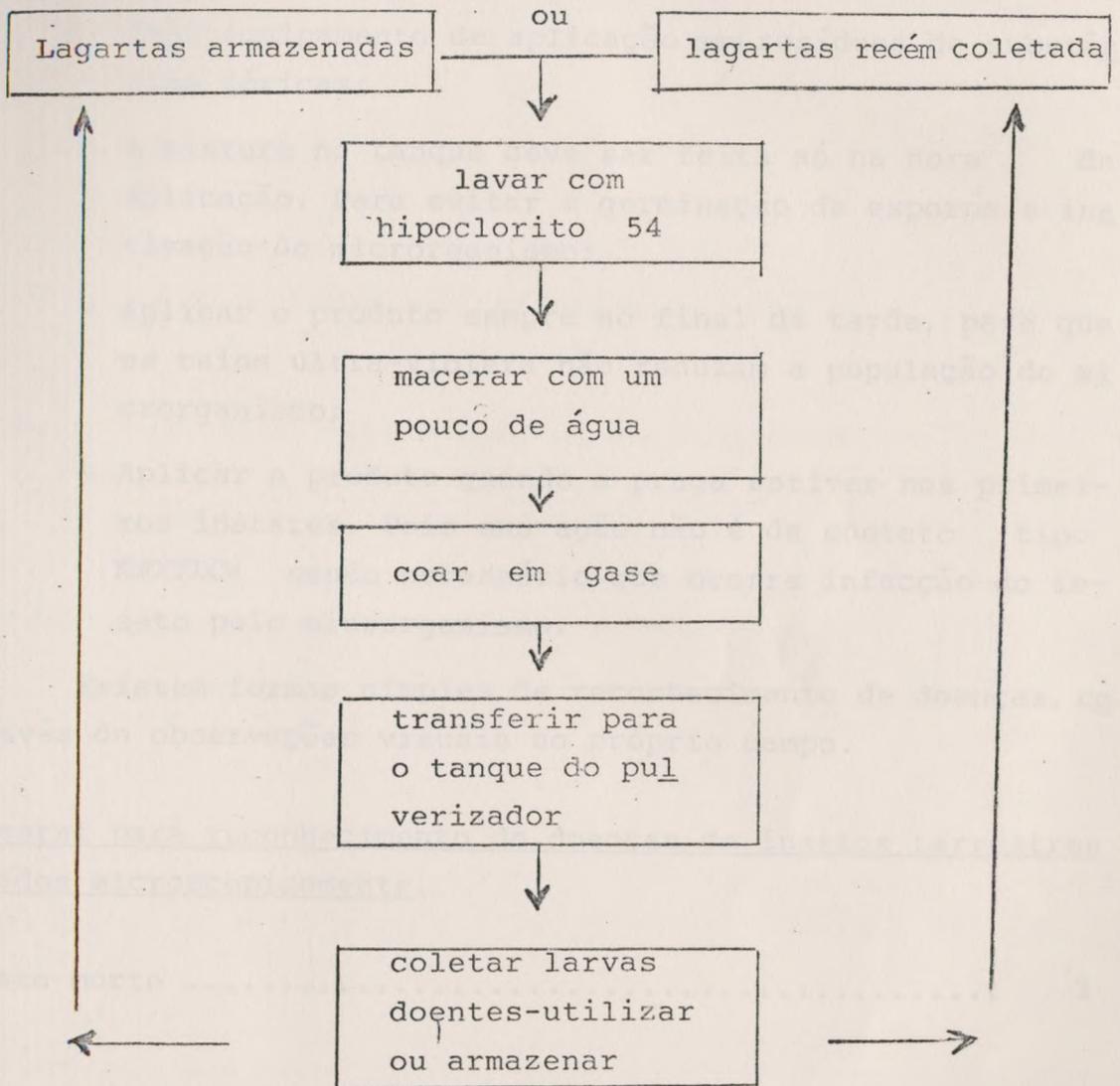
São do tamanho de 0,2 a 0,5 μ e se desenvolvem tanto no núcleo como no citoplasma. Ex.: vírus da granulose para controle de Diatrea sacharalis.

c.2) Utilização de vírus em controle biológico

- Controle da lagarta da soja com Baculovírus anticarsia.

A Embrapa fornece o vírus formulado tipo pó molhável para aplicação no campo. Podendo ser também preparada no campo uma solução para ser aplicada.

Esquema para utilização de viroses no controle de insetos, a partir de inóculo obtido no campo ou armazenado em freezer



OBS: Para A. gemmatalis usar 50 larvas grandes (maiores que 2,5cm) por hectare em 100-200 l.

Controle de Erinmyis ello por Baculovirus erinnyis tem sido obtido o controle do mandorová da mandioca com a aplicação do vírus nas culturas de mandioca com grande sucesso.

Cuidados na aplicação de inseticidas microbianos

- Usar equipamento de aplicação sem resíduos de substâncias tóxicas;
- A mistura no tanque deve ser feita só na hora da aplicação. Para evitar a germinação de esporos e inativação do microrganismo;
- Aplicar o produto sempre no final da tarde, para que os raios ultra-violeta não reduzam a população do microrganismo;
- Aplicar o produto quando a praga estiver nos primeiros instares. Pois sua ação não é de contato tipo KNOCKDOWN sendo necessário que ocorra infecção do inseto pelo microrganismo.

Existem formas simples de reconhecimento de doenças, como através de observações visuais no próprio campo.

Chave geral para reconhecimento de doenças de insetos terrestres examinados microscopicamente.

1. Inseto morto	3
2. Inseto moribundo	7
3. - Preso à planta ou outro substrato	4
- Não preso ao substrato	5

4. - Insetos pendurados com excrescência de micélio e/ou esporos sobre a cutícula Fungos
- Insetos pendentes sobre as folhas ou superfície da planta sem excrescência sobre a cutícula Vírus
5. Cor cinza ou branca 6
6. Corpo suave e quebrável ou iridescente protozoa
- Corpo duro, como queijo, não se desintegrando em d'água Fungo
7. Movimentos irregulares, tremores, não enegrecido Envenenamento por inseticida

PARTE PRÁTICA

Dentre os vários programas de controle biológico com sucesso no Brasil, destacamos o controle biológico dos pulgões do trigo, desenvolvido desde 1978 em Passo Fundo, RS e o controle biológico da lagarta da soja Anticarsia gemmatalis, desenvolvido na década de 70 em Londrina, PR.

Controle biológico dos pulgões do trigo

Na cultura do trigo os pulgões se destacaram como as principais pragas na década de 70 no sul do Brasil. Estes insetos exigiam dos agricultores uma constante preocupação durante toda a safra, e comumente até 4 aplicações de inseticida eram feitas para manter as populações abaixo do nível de dano. Em ordem de importância temos o pulgão da espiga Sitobion avenae (Fabr. 1794), o pulgão da folha Metopolophium dirhodum (Walter, 1849), o pulgão verde dos cereais Schizaphis graminum (Rondani, 1852) e o pulgão da aveia Ropalosiphum padi (L. 1758). Outras espécies aparecem no trigo, mas com uma frequência muito baixa, nunca atingindo níveis que causem danos às plantas. Naquela época o controle químico era o principal método de controle. Visando a racionalizar o uso de inseticidas, em 1978 no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo/EMBRAPA em Passo Fundo, RS, juntamente com a FAO e o apoio técnico da Universidade da Califórnia foi iniciado o Programa de Controle Biológico dos Pulgões do Trigo. Estes insetos são pragas exóticas que aqui chegaram livres de seus inimigos naturais com especificidade. Muito embora os pulgões tenham encontrado algumas espécies de predadores das famílias Coccinellidae (joaninhas), Syrphidae e Chrysopidae, os parasitóides Aphidius colemani e Diaeretiella rapae e diversas raças de fungo entomopatógenos, sempre houve uma defasagem e desequilíbrio entre o período de ataque dos pulgões e a ação positiva dos inimigos natu-

rais.

Inicialmente, foram introduzidas de vários países da Europa do Oriente médio e do Chile, diversas espécies de parasitóides com especificidade para os pulgões da espiga e pulgões da folha, preocupando-se, principalmente, em antecipar o início do combate biológico destas pragas. Até 1982 foram introduzidas 14 espécies de himenópteros parasitóides e duas espécies de coccinélidos predadores.

Controle Biológico de Pragas

TABELA 1 – Espécies de Inimigos Naturais Introduzidas para Controle Biológico de Pulgões do Trigo pelo CNPT/EMBRAPA. Passo Fundo, 1983		
Espécie	Hospedeiro*	Procedência
Parasitos		
Hymenoptera – Aphelinidae		
<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman	MD	Chile
<i>Aphelinus asychis</i> (Walker, 1838)	MD, SA	França
<i>Aphelinus flavipes</i> Forster	SG	França
<i>Aphelinus varipes</i> Forster	SG, MD	Hungria, França
Hymenoptera – Aphididae		
<i>Aphidius colemani</i> Viereck, 1912	MD, SA	França, Israel
<i>Aphidius ervi</i> Haliday, 1834	SA, MD, AK, MC, AP	França, Checoslováquia
<i>Aphidius pascuorum</i> Marshall	SG	França
<i>Aphidius picipes</i> (Ness, 1818)	SG	Checoslováquia, Itália, Hungria
<i>Aphidius rhopalosiphii</i> De Stefani, 1902	SA, MD, SG	Chile, Checoslováquia, França
<i>Aphidius uzbekistanicus</i> Luzhetskii, 1960	MD, SA	Itália
<i>Ephedrus plagiator</i> (Nees 1811)	SA, MD	França Checoslováquia
<i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson, 1880)	SG	Chile
<i>Praon gallicum</i> Stary, 1971	MD	França
<i>Praon volucre</i> (Haliday, 1833)	MD	França, Checoslováquia, Espanha
Predadores		
Coleoptera – Coccinellidae		
<i>Hippodamia quinquesignata</i> Kirby		Estados Unidos
<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus		Israel
* Hospedeiros dos parasitos em que foram coletados nos países de origem. AP = <i>Acyrtosiphon pisum</i> ; AK = <i>A. Kondoi</i> ; MC = <i>Macrosiphum carnosum</i> ; MD = <i>Metopolophium dirhodum</i> ; SA = <i>Sitobion avenae</i> ; SG = <i>Schizaphis graminum</i> .		

A meta inicial do programa era atingir uma porcentagem de parasitismo que viesse a contribuir com 10 a 15% de mortalida

de dos pulgões. Este objetivo foi ultrapassado. Em mais de 90% da área cultivada com trigo no Rio Grande do Sul, a partir de 1981 deixou-se de aplicar inseticida para controlar estes insetos, uma vez que as populações se mantiveram sempre abaixo do nível de dano. Grande parte desta redução pode ser atribuída à ação dos parasitóides sobre os pulgões fora das lavouras, em hospedeiros intermediários, na entre safra durante o verão e outono.

Ao longo das safras tritícolas de 1978 a 1989 foram produzidos e liberados, nas lavouras de cereais de inverno cerca de 18 milhões de parasitóides (Tabela 2).

Tabela 2. Número de parasitos liberados pelo programa de controle biológico do CNPT, no período de agosto de 1978 a dezembro de 1989

ANÓ	LOCAL:							TOTAL
	RS	SC	PR	MS	GO	SP	ARG.	
1978	179.180	2.300	16.200	-	-	-	-	197.680
1979	264.140	2.600	-	-	-	-	-	266.740
1980	749.700	-	28.200	-	-	-	-	777.900
1981	966.230	500	197.850	99.020	-	-	1.070	1.264.670
1982	592.170	-	668.590	16.500	-	-	900	1.278.160
1983	1.762.350	60.800	26.000	-	5.350	-	-	1.854.500
1984	2.354.800	33.500	613.300	7.000	-	100.150	-	3.108.750
1985	2.012.700	69.200	827.000	4.200	-	30.000	-	2.943.100
1986	2.282.700	56.000	1.376.500	26.000	24.000	357.000	-	4.122.200
1987	1.290.000	-	398.500	-	-	-	-	1.688.500
1988	707.500	-	60.500	8.500	-	21.500	-	798.000
1989	400.000	-	15.000	-	-	-	-	415.000
TOTAL	13.561.470	224.900	4.227.640	161.220	29.350	508.650	1.970	18.715.200

A multiplicação destes insetos é feita em gaiolas em insetário. As vespinhas fazem a postura no interior do corpo dos pulgões, onde eclodem as larvas. Aproximadamente sete dias após, os parasitóides causam a morte dos pulgões, passando à fase de pupa no interior do corpo do pulgão. O pulgão morto pelos parasitóides é denominado múmia. Cada múmia dá origem a uma vespinha.

Quadro 1.

Modo de ação dos parasitas



Vespa



Pulgão



Vespa ovipositando no pulgão



Larva no interior do pulgão



Múmia

As espécies do gênero Ephedrus e Aphelinus provocam uma coloração preta nos pulgões mortos, cujas múmias desprendem-se com facilidade das plantas. As vespas do gênero Praon tecem um casulo na parte inferior do pulgão morto, onde passam a fase de pupa. As espécies do gênero Aphidius, Diaerettella e Lysiphlebus causam a morte dos pulgões dando-lhes uma coloração pardo-clara, aparentando um pulgão seco, com as formas normais.

Atualmente, há uma preocupação para a escolha de métodos mais permanentes e menos agressivos ao ambiente, destacando-se as práticas culturais, que facilitam a sobrevivência dos inimigos naturais. Quando for necessária a aplicação de inseticidas, deve-se dar preferência a produtos seletivos aos predadores e parasitóides.

Controle biológico da lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis*

O manejo integrado de pragas da soja vem contribuindo há vários anos para a racionalização no uso de inseticidas nestas lavouras. O método consiste em fazer o levantamento dos insetos usando o pano de batidas. Os insetos são contados e anotados no caderno de campo. A média dos insetos-praga encontrados nos

vários pontos e os níveis de dano já causados na cultura, vão determinar se deve ou não fazer a aplicação de inseticida. É uma metodologia simples, porém exige dos responsáveis o conhecimento dos insetos existentes na lavoura, para poder determinar o momento exato de pulverizar. As amostragens são feitas semanalmente. Quando os níveis das pragas estão próximos aos níveis de dano, repetem-se as amostragens com mais freqüência.

A lagarta da soja Anticarsia gemmatalis, é a principal lagarta desfolhadora da soja, e quase sempre o primeiro inseto a aparecer na lavoura. Normalmente, o agricultor necessita fazer mais de duas aplicações de inseticida para controlá-las, o que provoca um desequilíbrio biológico já na formação da cultura, desencadeando outras aplicações.

Em 1972 foi constatado em Campinas, SP (Allen e Knell 1977) e em 1976 em Santa Catarina e Paraná (Corso et al., 1977), um vírus de poliedrose nuclear atacando a lagarta da soja. Trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos no Centro Nacional de Pesquisa de Soja em Londrina, PR., no sentido de utilizar este vírus como inseticida biológico no controle desta praga. Por se tratar de um microrganismo altamente específico e eficiente, atualmente, está sendo utilizado em larga escala no controle da lagarta da soja no Rio Grande do Sul e Paraná, os dois maiores estados produtores de soja.

O Baculovírus anticarsia age por ingestão nas lagartas. No campo usa-se a dosagem de 50 lagartas equivalentes (L.E.) por hectare (1 L.E. = 1 lagarta grande morta pelo vírus). Nesta dosagem o vírus age com a mesma eficiência que os inseticidas químicos. A única diferença é que as lagartas necessitam se alimentar por alguns dias para ingerirem o vírus e ficarem doentes. Desta forma, as aplicações devem ser feitas quando a população de lagartas ainda estão no 2º estágio, i.e. lagartas com menos de 1,5 cm de comprimento. As lagartas demoram aproximadamente 7 dias para morrer, porém já no 4º dia elas ficam menos ativas, dimi-

nuindo a alimentação. Ao morrer elas se tornam flácidas e amareladas, geralmente se prendem na parte superior das folhas pelas patas. Passado alguns dias, ficam pretas, o corpo se rompe liberando naturalmente o vírus, que vai servir como contaminante para novas gerações deste inseto que venham a ocorrer. Não há necessidade de pulverizar o vírus duas vezes numa mesma safra.

O Baculovírus é preservado em freezer por vários anos sem alterar a sua patogenicidade. Os produtores, para coletar e estocar o vírus, pulverizam uma área de soja com a população de lagartas maiores de 1,5 cm de comprimento. Nessa área o desfóllamento será mais intenso, porém as lagartas morrerão maiores, facilitando a sua coleta. As lagartas mortas são congeladas em doses por hectare para facilitar o descongelamento para serem usadas. Para usá-las como inseticida, após descongeladas as lagartas são maceradas, coadas e colocadas no pulverizador para serem usadas como qualquer outro produto. Além da não toxicidade do vírus ao homem e animais, geralmente é feita somente uma aplicação de Baculovírus numa safra para controlar a lagarta da soja. Devido também a não toxicidade do produto para outros insetos, com o uso do vírus, a entomofauna benéfica vai aumentando com o desenvolvimento da soja, colaborando para o equilíbrio das populações de outras pragas mais tardias, como os percevejos.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, G.E.; KNELL, J.D. A nuclear polyhedrosis virus of Anticarsia gemmatalis: I. Ultra-structure, replication, and pathogenicity. The Florida Entomologist, Gainesville, v.60, n.3, p.233-240, 1977.
- ALVES, S.B., coord. Controle microbiano de insetos. São Paulo : Manole, 1986. 407p.
- CORREIA, A. do C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S. Soja: controle biológico de lagartas e percevejos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.9, n.104, p.42-48, ago. 1983.
- CORSO, I.C.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B. de; GATTI, I.M. Ocorrência de poliedrose nuclear em Anticarsia gemmatalis, Hubner, 1818 na região Sul do Brasil. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Itabuna, v.6, n.2, p.312-314, 1977. Nota prévia.
- FLINT, M.L.; VAN DE BOSCH, R. Introduction to integrated pest management. New York : Plenum Press, 1983. 239p.
- GASSEN, D.N.; TAMBASCO, F.J. Controle biológico dos pulgões do trigo no Brasil. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.9, n.104, p.49-51, ago. 1983.
- GAZZONI, D.L. Soja: como reconhecer e combater suas pragas. São Paulo : Bayer, [s.d.]. 18p.
- MATTHEWS, G.A. Pest management. New York : Longman, 1984. 231p.
- MOSCARDI, F. Utilização de Baculovírus anticarsia para o controle da lagarta da soja, Anticarsia gemmatalis. Londrina : EMBRAPA-CNPSO, 1983. 21p. (EMBRAPA-CNPSO. Comunicado Técnico, 23).

SAMWAYS, M.J. Biological control of pests and weeds. Southampton : The Camelot Press, 1981. 58p.

VAN DE BOSCH, R.; MESSENGER, P.S.; GUTIERREZ, A.P. An introduction to biological control. New York : Plenum Press, 1982. 247p.

Gilberto José de Moraes

Resumo

Diferentes espécies de ácaros fitófagos tem sido responsáveis por consideráveis perdas a diversas culturas em todo o mundo, especialmente a partir da década de 40, coincidindo com o início do uso extensivo dos pesticidas sintéticos.

Importância dos ácaros fitófagos e principais pragas no Brasil

Vou agora dizer que os estudos sobre os ácaros fitófagos no Brasil tomaram um impulso graças às publicações de profeta feitas por C.R.W. Flechtner, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, a partir da década de 40. O único livro sobre ácaros fitófagos publicado no Brasil em 1979, que reúne os conhecimentos sobre a importância dos ácaros fitófagos no Brasil foi publicado pelo autor (Flechtner, 1979). Este livro inclui informações sobre as espécies de ácaros fitófagos que causam danos às principais culturas, além de biologia das principais espécies e seu controle. Os leitores devem se referir a esta publicação para obter mais informações e cada cultura.

É difícil de se destacar dentro os ácaros fitófagos, mas Flechtner (1979) sugere que seja esse ou mesmo importante.

Investigador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa de Agrícola
Instituto de Fitopatologia, Área de Entomologia

VIABILIDADE DO USO DE PREDADORES NO CONTROLE BIOLÓGICO DE ÁCAROS FITÓFAGOS

Gilberto José de Morais¹

Introdução

Diferentes espécies de ácaros fitófagos têm sido responsáveis por consideráveis perdas a diversas culturas em todo o mundo, especialmente a partir da década de 40, coincidindo com o início do uso extensivo dos pesticidas sintéticos.

Importância dos ácaros fitófagos às principais culturas no Brasil

Pode-se dizer que os estudos sobre os ácaros fitófagos no Brasil tomaram um grande impulso com as publicações do professor C.H.W. Flechtmann, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz/USP, a partir de meados da década de 60. O único livro que resume os conhecimentos sobre a importância dos ácaros fitófagos no Brasil foi publicado por este autor (Flechtmann, 1979). Este livro inclui informações sobre as espécies de ácaros encontradas sobre as principais culturas, algo sobre a biologia das principais espécies e seu controle. Os leitores devem se referir àquela publicação para detalhes específicos a cada cultura.

É difícil de se destacar, dentre os ácaros citados por Flechtmann (1979), espécies que sejam mais ou menos importantes.

¹Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da EMBRAPA, Área de Entomologia.

Naturalmente para isto, poderíamos nos basear na importância econômica da cultura, não fosse o fato de que uma cultura pode ter pequena expressão a nível nacional, mas ser a cultura de maior expressão em uma determinada região do país. Assim, pode-se destacar aqui algumas espécies de ácaros fitófagos que, por serem polífaos, podem causar danos significativos em extensas áreas. É o caso, por exemplo, do ácaro rajado Tetranychus urticae Koch, que tem sido assinalado mundialmente em diferentes culturas, envolvendo em nosso meio principalmente algodão, batata, tomate, feijão e frutíferas diversas. É o caso também do ácaro branco, Polyphagotarsonemus latus (Banks), que causa consideráveis danos ao algodão, feijão e diversas frutíferas. Deve-se citar também o ácaro da leprose, Brevipalpus phoenicis (Geijskes), que causa danos a várias frutíferas, destacando-se os citros, em que pode ser vetor do vírus da leprose.

Existem, entretanto, certos ácaros que atacam apenas uma ou poucas culturas. Mesmo assim são importantes a nível nacional, por se tratar de culturas que ocupam áreas extensas em todo o país ou que apresentam uma importância social muito grande. Como exemplo tem-se o ácaro verde, Mononychellus tanajoa (Bondar), que causa danos severos à mandioca sob determinadas condições.

Fatores determinantes da importância dos ácaros

Freqüentemente, o recrudescimento dos problemas causados pelos ácaros fitófagos tem sido atribuído à eliminação de inimigos naturais eficientes, através do uso de pesticidas de amplo espectro. Estes inimigos naturais estariam mantendo naturalmente as populações de ácaros e outros artrópodos fitófagos a níveis aceitáveis do ponto de vista econômico. A eliminação destes inimigos naturais teria então representado a exclusão de um entrave ao crescimento das populações dos organismos fitófagos,

os quais teriam passado a reduzir em termos qualitativos e quantitativos, a produtividade de diferentes culturas (McMurtry et al., 1970). Conforme revisto por Moraes (1986), existem entretanto outros possíveis fatores que podem, em casos específicos, ter resultado no recrudescimento dos problemas causados pelos organismos fitófagos:

- Expansão da área cultivada com variedades que são mais produtivas, mas ao mesmo tempo mais suscetíveis à infestação de ácaros;
- Melhoria das condições fisiológicas das plantas através do uso de técnicas modernas (poda, adubação, irrigação, controle químico de pragas e doenças etc), as quais tornam as plantas mais suscetíveis à infestação de ácaros;
- Transporte mais fácil entre diferentes regiões ou países, facilitando a introdução de novas pragas;
- Combinação dos fatores anteriores.

O controle biológico no manejo integrado de pragas

Nos últimos anos, tem se verificado uma preocupação pública crescente com a conservação e a preservação ambiental, em decorrência das constantes agressões aos ecossistemas naturais. Esta preocupação tem se estendido aos agroecossistemas, implicando progressivamente num maior cuidado para se reduzir ou evitar os problemas de poluição ambiental e intoxicação humana e de animais domésticos, assim como para se permitir o pleno desempenho dos inimigos naturais dos organismos fitófagos. Com isto, tem havido uma pressão pública no sentido de que sejam utilizados na agricultura, pesticidas menos tóxicos aos organismos não alvo, isto é, pesticidas mais seletivos que atuem apenas sobre aquelas

pragas que por razões diversas não podem ser controladas por uma forma alternativa.

A utilização de produtos seletivos para fins diversos poderá resultar no controle biológico adequado de ácaros fitófagos naquelas regiões em que seus inimigos naturais sejam realmente eficientes. A eficiência de um dado inimigo natural frequentemente só pode ser comprovada através de observações de campo conduzidas sob diferentes formas, conforme descrito por DeBach (1964).

Ao se constatar a eficiência potencial dos inimigos naturais já presentes em uma região, os gastos com acaricidas poderão então ser reduzidos ao se realizar a CONSERVAÇÃO ou INCREMENTO desses inimigos naturais. Atualmente, trabalhos realizados em andamento nas culturas de citros, café e mandioca têm indicado a alta eficiência de ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae contra diferentes grupos de ácaros fitófagos. Trabalhos desta sorte, ao indicarem a eficiência dos inimigos naturais nativos, estimulam os agricultores a aceitarem programas bem elaborados de manejo integrado de pragas.

Em diversos outros países tem sido demonstrada a eficiência de inimigos naturais já presentes em áreas determinadas. No centro-oeste dos Estados Unidos, a demonstração da eficiência do fitoseídeo Amblyseius fallacis (Garman), como predador de ácaros fitófagos em maçã, resultou na adoção de um sofisticado programa de manejo integrado de pragas (Whalon & Croft, 1984). Para a elaboração deste programa foi de fundamental importância a constatação da resistência A. fallacis ao fosforado azinfosmetil, comumente utilizado no controle de diferentes insetos-praga desta cultura.

Na costa oeste dos Estados Unidos, a constatação da eficiência do fitoseídeo Typhlodromus occidentalis Nesbitt como predador de ácaros fitófagos em maçã, videira e amendoeira tem resultado na elaboração de programas de manejo integrado de pra-

gas destas culturas (Moraes, 1986). Foi constatado que populações diferentes deste predador apresentavam diferentes níveis de resistência a determinados pesticidas. Trabalhos de seleção em laboratório tornaram possível juntar em uma única população resistências a diferentes grupos de pesticidas (Hoy, 1984), aumentando consideravelmente a versatilidade desta espécie.

Quando os inimigos naturais nativos não apresentam comprovada eficiência contra um determinado ácaro fitófago, o que ocorre principalmente nos casos de pragas introduzidas, torna-se necessário considerar a INTRODUÇÃO de inimigos naturais a partir de outras regiões. A isto dá-se o nome de controle biológico clássico. As espécies acima citadas têm sido introduzidas com sucesso em outros países para o controle de ácaros tetraniquídeos em maçã.

Um dos predadores fitoseídeos mais utilizados a nível mundial é Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot, inicialmente coletado no Chile para fins de controle biológico aplicado (Dosse, 1958). P. persimilis apresenta as principais características biológicas de um bom predador (McMurtry, 1982), e tem sido utilizado para o controle biológico de ácaros tetraniquídeos encontrados principalmente em pepino, moranguinho, melão e ornamentais em diversos países (Bravenboer & Dosse, 1962; Hussey & Scopes, 1985; Nakash et al., 1984). Esse predador é bem conhecido pela sua habilidade em exterminar populações de ácaros tetraniquídeos. Entretanto, exatamente por ser um predador voraz e altamente específico em relação aos tetraniquídeos, sua população também parece assim que seu alimento é eliminado. Desta forma, é frequentemente necessária sua re-introdução na cultura quando ocorre um novo surto de ácaros tetraniquídeos. Por esta razão, existem hoje diversos laboratórios privados nos Estados Unidos, Europa e Israel que produzem e comercializam P. persimilis para uso dos agricultores.

Em alguns casos, entretanto, este predador tem se estabelecido permanentemente no campo, após sua liberação inicial. Na Califórnia, Estados Unidos, P. persimilis foi introduzido na cultura de moranguinho, de onde se dispersou para a vegetação circundante, estabelecendo-se de forma permanente. Anualmente, o predador se move da vegetação circundante para a cultura do moranguinho quando esta passa a ser atacada por ácaros tetraniquídeos (McMurtry et al., 1978).

Vários outros ácaros predadores também têm sido testados para uso em diferentes culturas, especialmente abacate, citros, milho e mandioca.

Perspectivas futuras no Brasil

Trabalhos de controle biológico de ácaros são escassos no Brasil, a despeito da importância dos danos causados por estes organismos. Isto se deve principalmente a dois fatores. Em primeiro lugar, ao número muito reduzido de pessoas afetas a esta área de especialização no Brasil. Em segundo lugar, como é também verdade para outros organismos, são muito escassos os recursos para trabalhos desta natureza em nosso meio.

As informações básicas disponíveis sobre a eficiência de espécies de fitoseídeos, assim como os métodos já desenvolvidos para sua multiplicação massal, permitem antever a viabilidade de seu uso em nosso país. A tecnologia de criação desses inimigos naturais já está disponível no Brasil. Diversos países já têm empregado com sucesso espécies de fitoseídeos para o controle de ácaros fitófagos. Isto também poderá ocorrer no Brasil, dependendo apenas de testes de ajustes feitos a nível de campo, com o fim de convencer as partes envolvidas, tanto potenciais produtores destes organismos como agricultores.

A priori, parecem-nos promissores os testes de campo envolvendo culturas de cucurbitáceas, moranguinho e feijão, que

apresentam problemas com o ácaro rajado (T. urticae Koch) e o ácaro vermelho (Tetranychus cinnabarinus (Boisduval)), espécies eficientemente controladas por P. persimilis.

Parece também muito promissores os estudos de conservação dos inimigos naturais dos citros, especialmente nos campos com histórico de poucos problemas com o vírus da leprose.

A medida que pudermos demonstrar que a eficiência dos predadores nativos está sendo prejudicada com o uso de produtos não específicos, poderemos então propôr programas de manejo integrado que adotem produtos mais específicos. Para tanto, serão de fundamental importância, numa segunda fase, os testes de efeito de produtos sobre estes predadores, e o desenvolvimento em laboratório de "raças" de fitoseídeos tolerantes aos produtos mais utilizados.

- HOY, M.A. Genetic improvement of a biological control agent: Multiple pesticide resistance and nondispersal in Mallosinus occidentalis (Westw.) (Phytoseiidae). In: GRIFFITHS, D.A.; BOWMAN, C.F. Acarology, II. London: 1964. v.2, p. 673-679. Ellis Horwood Limited.
- HUSSEY, R.N.; SCOPES, R.G. Greenhouse vegetables (Britain). In: HULL, W.; SABELIS, M.W. World crop pests. Spider mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier, 1985. v.1B, p.285-297.
- MCNURTNEY, J.A. The use of phytoseids for biological control: progress and future prospects. In: HOY, M.A. Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae. Berkeley: University of California, 1982. p.23-48. (Division of Agricultural Sciences Publication, 1294).

LITERATURA CITADA

- BRAVENBOER, L.; DOSSE, G. *Phytoseiulus riegeli* Dosse als predator einiger Schadmilben aus der Tetranychus urticae-Gruppe. *Entomol. Exp. Appl.*, v.5, p.291-304, 1962.
- DeBACH, P. *Biological control of insect pests and weeds*. New York : Reinhold Publ. Corp., 1964. 844p.
- DOSSE, G. Uber einige neue Raubmilbenarter (Phytoseiidae). Pflanzenschutzberichte, v.21, p.44-61, 1958.
- FLECHTMANN, C.H.W. *Ácaros de importância agrícola*. 3ª ed. São Paulo : Livraria Nobel S/A, 1979. 189p.
- HOY, M.A. Genetic improvement of a biological control agent: Multiple pesticide resistances and nondiapause in Metaseiulus occidentalis (Nesbitt) (Phytoseiidae). In: GRIFFITHS, D.A.; BOWMANN, C.E. Acarology VI. London : 1984. v.2, p.673-679. Ellis Horwood Limited.
- HUSSEY, N.W.; SCOPES, N.E.A. *Greenhouse vegetables (Britain)*. In: HELLE, W.; SABELIS, M.W. World crop pests. Spider mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam : Elsevier, 1985. v.1B, p.285-297.
- McMURTRY, J.A. The use of phytoseiids for biological control: progress and future prospects. In: HOY, M.A. Recent advances in Knowledges of the Phytoseiidae. Berkeley : University of California, 1982. p.23-48. (Division of Agricultural Sciences Publication, 3284).

- McMURTRY, J.A.; HUFFAKER, C.B.; VAN DE VRIE, M. Ecology of Tetranychid mites and their natural enemies: their biological characters and the impact of spray practices. Hilgardia, v.40, p.331-390, 1970.
- McMURTRY, J.A.; OATMAN, E.R.; PHILLIPS, P.A.; WOOD, C.W. Establishment of Phytoseiulus persimilis (Acari: Phytoseiidae) in southern California. Entomophaga, v.23, p.175-179, 1978.
- MORAES, G.J. Controle biológico de ácaros fitófagos. Miscelânea, Soc. Colomb. Entomol., v.8, p.29-63, 1986.
- NAKASH, J.; BITON, S.; MORE, N. Biological control of red spider mite by the predatory mite on watermelons in the Jordan Valley in 1982/83, field experiments. Bet Shaan : Ministry of Agric., Extension Service, 1984. p.1-18.
- WHALON, M.E.; CROFT, B.A. Apple IPM implementation in North America. Ann. Rev. Entomol., v.29, p. 435-470, 1984.
- Investigador do Centro Nacional de Pesquisas de Defesa da Agricultura do INURAPA, Área de Ecologia e Toxicologia.

AValiação DE IMPACTOS E ANÁLISE DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NA AGRICULTURA

Geraldo Stachetti Rodrigues¹

Os sistemas de produção agropecuária são caracterizados essencialmente pela baixa complexidade ecológica, apresentando o mínimo de conexões entre compartimentos pouco diversificados. Esta característica essencial pode ser melhor compreendida pela comparação entre áreas agrícolas e ecossistemas em estágios iniciais de sucessão ecológica, quando atributos estruturais e funcionais se relacionam com taxas específicas que resultam em alta produção por unidade de biomassa. Os poucos produtores primários presentes em variedade e volume recebem altos níveis energéticos e dispõem de espaço, nutrientes e água, num contexto de competição relativa baixa. Com isso, as taxas P_{bruta}/B (produção por biomassa) e, conseqüentemente P/R (produção por respiração), são altas, resultando em rápido incremento de biomassa por unidade de tempo, característica importante para o desenvolvimento de sistemas agrícolas.

A fim de exponencializar essas interações em sistemas ecológicos para produção agrícola, são colocados à disposição das culturas, fatores de crescimento nas formas mais acessíveis possíveis (irrigação, calagem, adubação, espaçamento adequado), buscando aumentar a capacidade de suporte do ambiente. Como conseqüência da relativa simplicidade desses sistemas e da disponibilidade de recursos, estabelece-se o embate natural da competição que, em

¹ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da EMBRAPA, Área de Ecologia e Toxicologia.

um ambiente pouco complexo e diversificado, conseqüentemente menos estável, tende a deslocar parte da energia e da matéria para compartimentos sem interesse para a produção, podendo atingir desvios ou perdas significativos.

É neste contexto que se insere a necessidade de aplicação de programas de controle de pragas, doenças e plantas invasoras, como forma de dirigir a alocação dos fatores de crescimento para a cultura de interesse, tão somente. Em regiões tropicais e no Brasil especialmente, os programas de controle fitossanitário têm se valido prioritariamente de produtos químicos, seja devido à ausência de períodos naturais de expurgo, como invernos rigorosos ou secas pronunciadas, ou pela necessidade imediatista no resguardo de investimento. É nessa interação de controle de um ambiente frágil em mecanismos de auto-regulação (devido à baixa complexidade) e com alta capacidade de suporte, que vem ocorrendo a exacerbação de conflitos ambiente x tecnologia.

Ocorre que, com a intensificação do emprego de produtos químicos para o controle fitossanitário, menos diversificado se torna o ambiente, conseqüentemente mais viável a ocorrência de surtos populacionais, demandando maiores e mais frequentes aplicações. Levando-se essa dinâmica em consideração, depreende-se que a ocupação dos espaços agrícolas tende a ser uma função da capacidade de suporte do ambiente, que é um atributo maleável, conforme a tecnologia empregada. A tecnificação agrícola, contudo, não se coloca como fator singular, mas dependente de sua interação com os recursos naturais disponíveis, os fatores físicos e biológicos da produção. Essas interações são complexas e de difícil previsão, resultando muitas vezes em impactos negativos.

Em termos de tecnologias empregadas na agricultura intensiva, especialmente aquela irrigada, e suas interações negativas com os recursos naturais e atributos dos agroecossistemas,

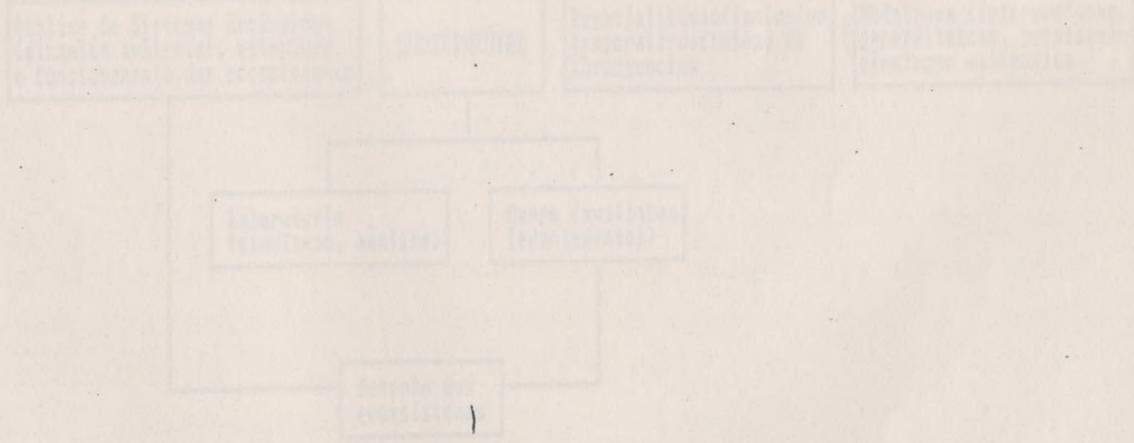
destacam-se os problemas de contaminação e seus reflexos ao nível de deterioração da estrutura das comunidades, dos processos funcionais, como decomposição da matéria orgânica (e dos próprios contaminantes a ela associados), resultando em aumento do risco de contaminação de compartimentos mais remotos, como as águas subterrâneas, as águas superficiais, os próprios produtos agrícolas e os trabalhadores rurais.

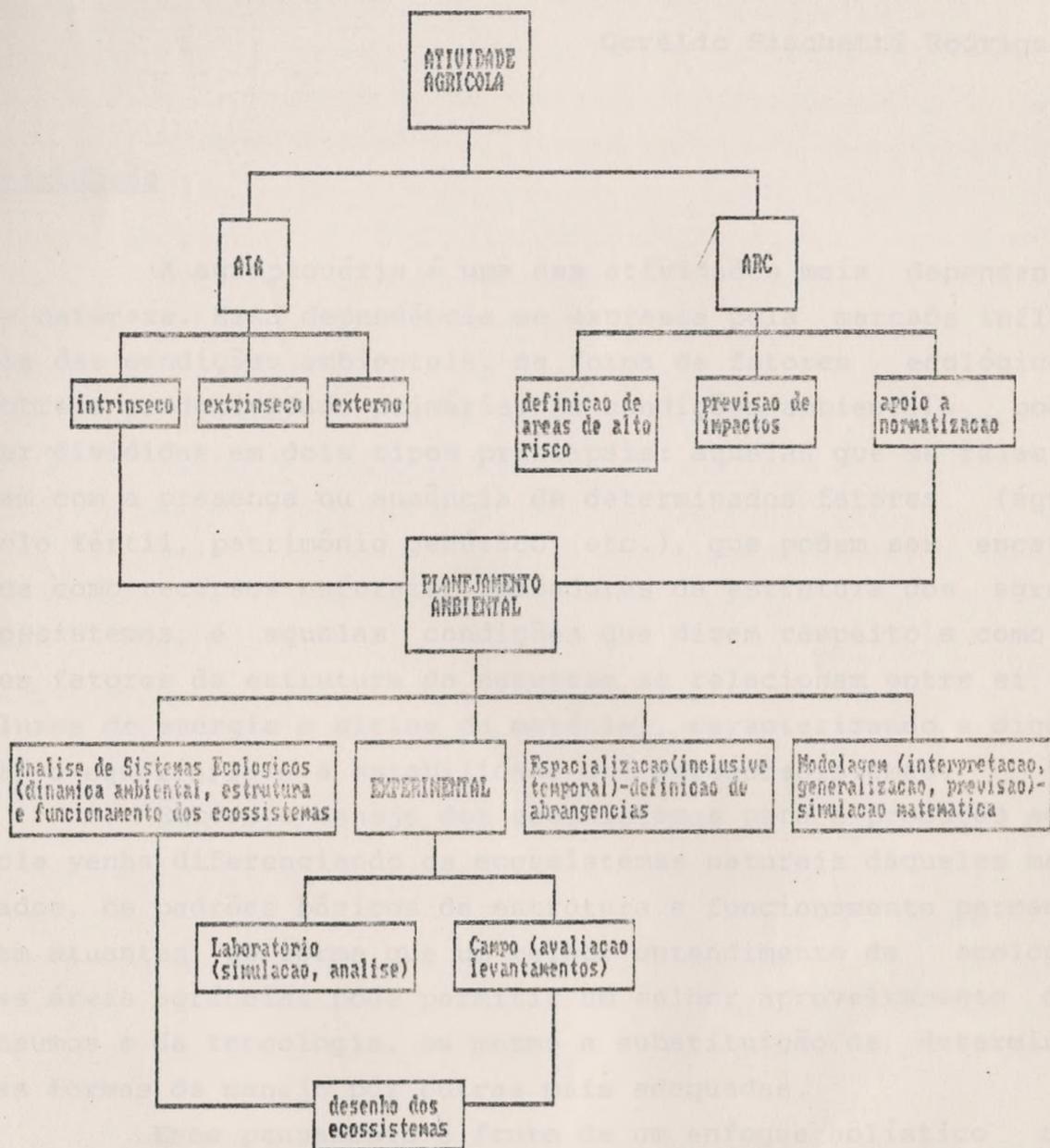
O estudo da contaminação ambiental na agricultura pode ser centrado em duas perspectivas complementares: nos programas de monitoramento, geralmente onerosos, dependentes de infraestrutura e pessoal altamente qualificado, e deficiente devido à magnitude espaço-temporal dos problemas; e nas análises de risco. Por meio desse tipo de metodologia, é possível avaliar um largo espectro de problemas, em escalas bastante variáveis, partindo-se de dados secundários, informações específicas ao nível de variáveis condicionantes, e modelos matemáticos de interação entre as variáveis. Na maior parte dos casos, os resultados apresentam pequeno significado quantitativo, mas permitem o enunciado de situações, áreas, produtos, formas de manejo ou atividades de alto risco, garantindo aumento de viabilidade para os programas de monitoramento, além de previsibilidade sobre eventos para consideração em programas de planejamento ambiental. Já os estudos de impacto ambiental, regulamentados no Brasil pela Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, têm na agricultura, pouco amparo legal. Este documento especifica apenas: "obras hidráulicas ..., de irrigação ..., drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água ..., diques ..., " além de "..., unidades agroindustriais (... destilarias de álcool ...)", como obrigatoriamente sujeitas às avaliações de impacto, para fins de licenciamento. Entretanto, este tipo de estudo é de grande valor no sentido de eliminar interferências entre os projetos de desenvolvimento (agropecuário) e o efeito de sua aplicação no

funcionamento do ambiente e na sua própria continuidade.

Os impactos ambientais resultantes da atividade agrícola apresentam duas vertentes que podem ser especificadas como impactos extrínsecos, relacionados com a qualidade ambiental e a conservação dos recursos naturais; e impactos intrínsecos, relacionados com a dinâmica e sustentabilidade dos próprios sistemas de produção agrícola, a longo termo. A abordagem da problemática agrícola de uma região deve, portanto, atentar para o desenvolvimento de avaliações de impacto ambiental nessa dupla perspectiva, buscando definir formas de manejo e planejamento ambiental que permitam, de um lado garantir a sustentabilidade de altos níveis de produtividade, minimizando a depauperação dos recursos naturais, e de outro, o abatimento dos níveis de degradação ambiental e de risco de contaminação.

Como conclusão desta breve nota explicativa das perspectivas da aplicação das metodologias de Avaliação de Impactos e de Análises de Riscos de Contaminação Ambiental na Agricultura, apresentamos na Figura 1 o modelo metodológico de trabalho.





Introdução

A agropecuária é uma das atividades mais dependentes da natureza. Essa dependência se expressa pela marcada influência das condições ambientais, na forma de fatores ecológicos, sobre a produtividade primária. As condições ambientais podem ser divididas em dois tipos principais: aquelas que se relacionam com a presença ou ausência de determinados fatores (água, solo fértil, patrimônio genético etc.), que podem ser encarados como recursos naturais, formadores da estrutura dos agroecossistemas, e aquelas condições que dizem respeito a como estes fatores da estrutura da natureza se relacionam entre si (os fluxos de energia e ciclos da matéria), caracterizando a dinâmica, o equilíbrio e a estabilidade dos agroecossistemas.

Embora o manejo dos ecossistemas para a produção agrícola venha diferenciando os ecossistemas naturais daqueles manejados, os padrões básicos de estrutura e funcionamento permanecem atuantes, de forma que um melhor entendimento da ecologia das áreas agrícolas pode permitir um melhor aproveitamento dos insumos e da tecnologia, ou mesmo a substituição de determinadas formas de manejo por outras mais adequadas.

Esse pensamento é fruto de um enfoque holístico que tem sido dispensado para a agricultura de nossos dias. Essa corrente agroecológica já vem apresentando importantes progressos

¹ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da EMBRAPA, Área de Ecologia e Toxicologia.

ao nível mundial, com várias revistas especializadas, como Agroecosystems, Agriculture and the Environment, Agricultural Systems, e no Brasil com a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, da EMBRAPA. A base conceitual desse enfoque considera aquela agricultura química e tecnificada através de pacotes, como agricultura convencional, enquanto a agricultura moderna se configura naquela já chamada alternativa.

Incorporando os conceitos da Teoria Ecológica, é possível traçar uma estratégia de manejo adequada para as condições tropicais, levando-se em conta as vocações específicas de cada área, juntamente com os fatores de dinâmica populacional, disponibilidade de energia, padrões de ciclagem de minerais e água e a sazonalidade, característicos dos trópicos.

Esse texto tem o objetivo de introduzir alguns conceitos e enfoques dirigidos para uma visão agroecológica da agricultura brasileira.

Porquê alterar o enfoque sobre a agricultura?

CÁCERES et alii (1987) apresentaram um quadro do atual estado de contaminação das águas superficiais por pesticidas organoclorados no Estado de São Paulo. Estudando as águas de 38 reservatórios, encontraram resíduos de DDT, BHC, Heptacloro, Clordane, Aldrin, Dieldrin e Endrin em níveis que, se somados, são significativos, demonstrando que a contaminação é, hoje, preocupante.

Muitos outros exemplos podem ser dados sobre a problemática da interferência negativa da agricultura sobre outras atividades produtivas. Mas há também insucessos internos, ou seja, as formas convencionais de manejo competindo para uma agricultura insustentável a longo ou médio prazos, degradando solos, potencializando a emergência de populações de insetos ao nível de dano e desestruturando microbacias.

Dois enfoques integrados

Para uma primeira aproximação, a integração entre os componentes estruturais e funcionais de um ecossistema, numa perspectiva agroecológica, permite elucidar as questões causais da "insumização" da agricultura, e traz à luz alguns aspectos importantes para o redirecionamento do manejo. A estratégia será a análise comparativa entre sistemas ecológicos eutróficos e oligotróficos (numa perspectiva estrutural), e sistemas em estágios iniciais e finais de sucessão (numa perspectiva funcional). Dois trabalhos clássicos serão utilizados para esse exercício lógico de compreensão da agroecologia, a seguir:

JORDAN & HERRERA (1981) apresentaram um trabalho no qual discutiam a questão: os nutrientes são realmente críticos para as florestas tropicais?

Para responder a essa questão compararam a disponibilidade de Ca em todos os compartimentos de quatro formações florestais, duas temperadas e duas tropicais, duas eutróficas (sobre solos férteis) e duas oligotróficas (sobre solos pobres). O Ca foi tomado como elemento indicador, assumindo que sua disponibilidade em condições naturais, relaciona-se diretamente com a presença dos outros nutrientes. Vale ressaltar que essa premissa tem sido amplamente utilizada e aceita.

Os resultados dessa comparação podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação de quatro tipos de ecossistemas florestais

		Eutrófico		Oligotrófico	
		Temperado Mesofítica Tenn. USA	Tropical Montanhoso Úmido Porto Rico	Temperado Pinho Car valho L. Isl. USA	Tropical Amazônico Venezuela
Solo	1. Ca trocável, meq/100g	3:3	1-5	0,22	0,38
	2. Ca trocável, Kg/ha: prof.cm.	3784:75	1900:40	990:150	306:40
	3. Folhas T/ha	4	8	4	8
	4. Pecíolos e ga- lhos T/ha	158	190	61	158
	5. Raízes T/ha	17	65	36	132
Biomassa	6. Total vivo T/ha	179	263	101	298
	7. Folhedeo T/ha	5	1-6	16	6
	8. Humus T/ha	-	-	47	137
	9. Orgânico Total T/ha	184	266	164	441
Produção	10. Madeira G/m ² / ano	432	486	451	440
	11. Folhedeo G/m ² / ano	358	547	406	572
	12. Folhas mg/g (peso seco)	14.5	6.46	5.9	8.7
Concentra- ção de Ca	13. Pecíolos e ga- lhos	8	2.06	0.9	1.9
	14. Raízes	7.5	5.00	2.1	1.2
	15. Folhas Kg/ha	72	55	26	70
	16. Pecíolos e ga- lhos	589	380	55	306
	17. Raízes	128	325	76	153
Ca no pro- duto em pé	18. Total vivo	796	760	157	529
	19. Folhedeo	72	11	148	3
	20. Humus	-	-	36	33
	21. Orgânico Total	861	771	341	565
Fluxo de Ca	22. Precipitação Kg/ha/ano (P)	10.5	21.8	3.3	16.0
	23. Escoam. subsuper- ficial (R)	27.4	43.1	9.7	2.8
	24. P-R	-16.9	-21.3	-6.4	13.2

Desses dados, muitos fatos importantes podem ser observados; em resumo, nota-se uma marcada escassez de cálcio no solo para os ecossistemas oligotróficos, mas já na matéria orgânica viva ou morta, as quantidades se equivalem. Quanto à produção, nota-se novamente equivalência, o que certamente surpreende. Quanto ao fluxo, percebe-se que nos ecossistemas oligotróficos o balanço de cálcio (P-R) é muito maior, o que permite levantar a hipótese que há mecanismos especiais para conservar os nutrientes, evitando perdas.

Dentre esses mecanismos, os autores enumeram alguns sintomáticos e sugestivos, quanto ao manejo de agroecossistemas: (1) extensa malha de raízes; (2) folhas escleromorfas perenes, (3) associações com micorrizas; (4) alta concentração de substâncias secundárias, não palatáveis, como proteção contra herbívoros entre outros. Esses mecanismos favorecem a formação de húmus, que como nota-se na Tabela 1, é importante apenas nos ecossistemas oligotróficos.

As implicações levantadas neste trabalho estabelecem que a equivalência entre os ecossistemas, em produção e dinâmica só é possível devido à complexidade organizada daqueles oligotróficos. A sua desestruturação para fins agrícolas, por exemplo, pode levar à completa depauperação.

Pensando nisso, fica claro que as formas de manejo que incorporem a matéria orgânica no solo, que tendam para a perenidade e para um melhor recobrimento do solo, especialmente associando plantas de diferentes hábitos, formando mais de um extrato, serão muito mais adequadas para a conservação dos nutrientes, especialmente sobre solos pobres.

De qualquer forma, esse estudo esclarece os motivos ecológicos para os insumos de fertilidade e indica medidas para adequar o manejo no sentido de melhor aproveitá-los.

Em um outro trabalho, ODUM (1969) compara a dinâmica em dois estágios extremos de desenvolvimento de ecossistemas, recém desmatados (inicial), e no final da sucessão (clímax).

Atributos do Ecossistema	Estágios Iniciais	Estágios Finais
	<u>Energética da Comunidade</u>	
1. Prod.Bruta/respiração (taxa P/R)	> 1	~1
2. Prod.Bruta/Biomassa (taxa P/B)	alta	baixa
3. Biomassa/unidade de fluxo de energia (taxa B/E)	baixa	alta
4. Produção (exportável)	alta	baixa
5. Cadeias alimentares	linear, pastoreio, (herbivoria)	tipo teia, pre dominadamente detritos
	<u>Estrutura da comunidade</u>	
6. Matéria orgânica total	pequena	grande
7. Nutrientes inorgânicos	extrabióticos	intra-bióticos
8. Diversidade de espécies	baixa	alta
9. Diversidade bioquímica	baixa	alta
10. Estratificação e Heterogeneidade espacial	pouco organizada	bem organizada
	<u>História de vida</u>	
11. Especialização do nicho	larga	estreita
12. Tamanho dos organismos	pequenos	grandes
13. Ciclos de vida	curtos, simples	longos, comple xos
	<u>Ciclagem de nutrientes</u>	
14. Ciclos minerais	abertos	fechados
15. Taxa de troca de nutrientes entre organismos e ambiente	rápida	lenta
16. Papel dos detritos na re generação dos nutrientes	não importante	importante
	<u>Pressão de seleção</u>	
17. Forma de crescimento	para crescimento rápido (estrategistas r)	para controle retroativo (estrategistas K)
18. Produção	quantidade	qualidade
	<u>Homeostase do sistema</u>	
19. Simbioses internas	não desenvolvidas	desenvolvidas
20. Conservação de nutrientes	pobre	boa
21. Estabilidade (resistência a perturbações externas)	pobre	boa
22. Entropia	alta	baixa
23. Informação	baixa	alta

Um primeiro ponto importante a considerar é o balanço entre produção e respiração, ou seja, a produção líquida exportável. Na figura 1, pode-se observar esse balanço em relação ao tempo, ou ao estágio de sucessão:

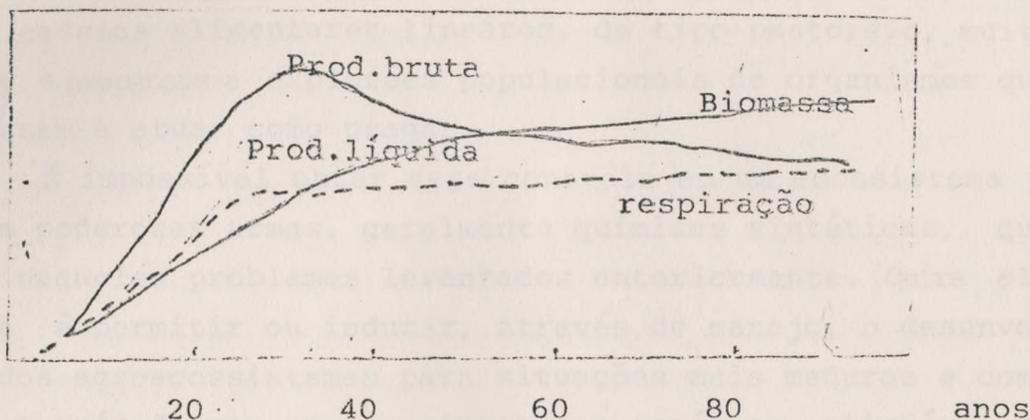


Fig. 1. Balanço entre produção bruta e respiração, no decorrer da sucessão em uma floresta (situação ideal).

Fonte: ODUM (1969)

Percebe-se que só há excedente exportável nos estágios iniciais da sucessão, devido ao fato de os organismos (Biomassa) aparecerem em franco crescimento e com disponibilidade de recursos e espaço. Com o crescimento da biomassa, os fatores bióticos de competição e predação competem para equilibrar o balanço, devendo haver maior investimento de energia na manutenção do que no crescimento. Esse fenômeno pode ser melhor compreendido pela análise da Tabela 2, onde os atributos dos ecossistemas são comparados para estágios iniciais e finais de sucessão.

Pode-se observar dessa assembléia de atributos de ecossistemas, que a agricultura convencional, com sua perspectiva para a produção a curto prazo, é ecologicamente dependente de um arsenal de insumos e tecnologias para controle do ecossistema, no sentido de evitar sua tendência natural ao desenvolvimento e

à complexidade organizada estável. Isso porque para obtenção de produção, há que se manter o sistema imaturo, quando grande quantidade de energia é disponível por indivíduo (3). Mas há um custo em relação a essa estratégia. Mantém-se o ecossistema especializado, suscetível a predadores especializados (5), com tendência a cadeias alimentares lineares, de tipo pastoreio, muito instáveis e propensas a explosões populacionais de organismos que, então passam a atuar como pragas.

É impossível obter esse controle em um ecossistema juvenil sem poderosas armas, geralmente químicas sintéticas, que resultam naqueles problemas levantados anteriormente. Outra alternativa é permitir ou induzir, através de manejo, o desenvolvimento dos agroecossistemas para situações mais maduras e complexas, através de seu enriquecimento em espécies, atingível com consórcios, conservação do solo, aumento da matéria orgânica no solo, extratos vegetais, melhorando a estabilidade.

Conclusões

A interação entre essas duas perspectivas de análise do enfoque ecológico para a agricultura configura-se numa postura moderna, ao nível mundial, que pode ser responsabilizada pelos desenvolvimentos recentes na área, como o manejo integrado de pragas, o controle biológico natural e induzido, o manejo ao nível de microbacias, consórcios e rotação, adubação verde, cobertura morta e assim por diante.

LITERATURA CITADA

CÁCERES, O.; TUNDISI, J.G.; CASTELLAN, O.A.M. Residues of organochloric pesticides in reservoirs in São Paulo State. Ciência e Cultura. v.39, n.3, p.259-64, 1987.

JORDAN, C.F.; HERRERA, R. Tropical rain forests: are nutrients really critical? The American Naturalist. v:117, n.2, p.167-80, 1981.

ODUM, E.P. The strategy of ecosystem development. Science. v.164, n.2, p.262-70, 1969.

SIMULAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
NO ESTADO DE SÃO PAULO POR PESTICIDAS E NITRATO¹

Geraldo Stachetti Rodrigues²

Lourival Costa Paraíba³

Cláudio César A. Buschinelli²

Diante da crescente demanda hídrica para abastecimento urbano e industrial, e forte direcionamento para a ampliação das áreas irrigadas na agricultura, o Estado de São Paulo vem assistindo a um aumento de suas necessidades de exploração dos mananciais subterrâneos. Isso decorre não somente, pela relativa escassez atual de mananciais superficiais de boa qualidade nas áreas de maior consumo, como também, por uma tendência de aumento nos custos e dificuldade na obtenção e tratamento desse recurso.

Entretanto, alguns estudos registram um elevado grau de comprometimento das águas subterrâneas em certas regiões do Estado, através da contaminação do aquífero Botucatu pelos lixões e pesticidas em Ribeirão Preto (SINELLI et alii, 1988), e do aquífero litorâneo por compostos orgânicos tóxicos provenientes de lixões industriais em São Vicente (BERNARDES Jr. & CLEARY, 1988). Esses dados indicam que programas de conservação das águas subterrâneas são uma necessidade presente, no sentido de garantir a disponibilidade desse recurso num futuro imediato.

¹ Projeto de pesquisa componente de um protocolo de cooperação entre o CNPDA, CETESB, DAEE, IGSP, para realização do "Mapa de vulnerabilidade e risco de contaminação das águas subterrâneas no Estado de São Paulo".

² Ecólogo, pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, Área de Ecologia e Toxicologia, Laboratório de Dinâmica Ambiental.

³ Matemático, pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, Área de Ecologia e Toxicologia, Laboratório de Dinâmica Ambiental.

Dentre as atividades humanas passíveis de interferirem na qualidade das águas subterrâneas, a agropecuária talvez se coloque como a menos avaliada, devido a escassez de dados sobre o comportamento e destino dos insumos químicos largamente utilizados na agricultura paulista, além da característica de fonte difusa, difícil de ser avaliada e controlada (CANTER, 1986).

A análise do risco de poluição das águas subterrâneas, de acordo com FOSTER et alli (1988), consiste na interação de dois fatores fundamentais, quais sejam, a vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante liberada por lixiviação do solo.

A avaliação da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, desenvolvida por técnicos do Instituto Geológico de São Paulo (IGSP) e do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), está na dependência das condições litológicas, que por sua vez, interferem diretamente em dois fatores principais:

- acessibilidade da zona saturada à penetração de contaminantes;
- capacidade de atenuação da zona saturada, como resultado de reações físicas e químicas entre o meio e os contaminantes.

A estimativa da carga contaminante para o aquífero foi dividida em duas partes para efeito de execução do trabalho. As fontes urbanas e industriais estão sendo avaliadas por técnicos da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB), enquanto que, a atividade agropecuária é estudada no Laboratório de Dinâmica Ambiental do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura (CNPDA)/EMBRAPA.

Os resultados parciais, na forma de mapas (1:500.000), serão integrados numa etapa posterior, consolidando o mapa de vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas paulistas.

Devido a multiplicidade e complexidade dos fatores envolvidos, e pela característica difusa da contaminação agrícola,

além da inviabilidade prática e financeira na execução de monitoramentos ao nível regional, o presente trabalho visa desenvolver e adequar uma metodologia de avaliação através de índices e malhas de informações baseadas em dados existentes, conforme preconizado no manual "Evaluacion del Riesgo de Contaminacion de las Aguas Subterranas" (FOSTER & HIRATA, 1988).

A carga contaminante para o aquífero está na dependência de dois fatores principais:

- carga hidráulica, ou seja, o modo de disposição do produto e sua relação com os componentes hidrológicos;
- características físico-químicas e persistência do produto.

Assim, sendo a estimativa da carga contaminante é uma resultante da interação entre a quantidade do produto que alcança o solo e o poder de atenuação desse solo.

No caso da atividade agropecuária, os pesticidas químicos e os fertilizantes nitrogenados são os principais produtos estudados, já que os efluentes de granjas de criação são dispostos, geralmente, nas águas superficiais, ou pontualmente.

Devido à ausência de dados diretos e regionalizados quanto ao uso desses insumos, optou-se pela estimativa com base nos dados de produção agropecuária dos Municípios do Estado, listagens especiais do Instituto de Economia Agrícola (IEA) - Secretaria da Agricultura e Abastecimento (SAA). E através de índices relacionados com a produtividade e a área cultivada, definiu-se a proporção de insumos recomendados, que efetivamente deve ter sido utilizada.

Os levantamentos foram sistematizados por município, considerando-se as informações relevantes para a composição do modelo matemático de simulação (Figura 1), integrando-se dados para cada cultura de interesse (maiores que 50 ha) como área cultivada (ha), produtividade (Kg/ha ponderada ao nível de todo Estado) e insumos específicos (segundo lista de registro de produtos da As-

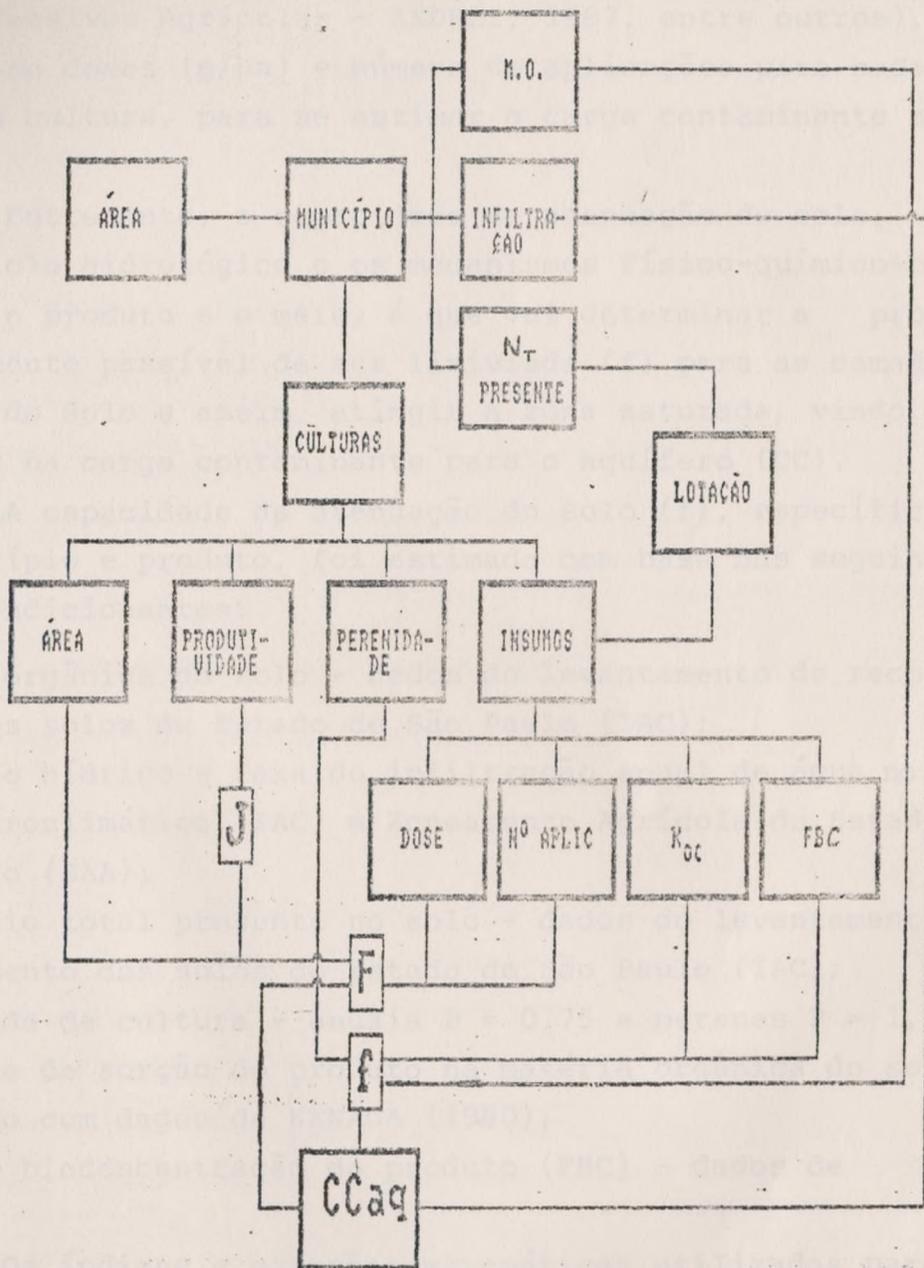


Figura 1. Esquema metodológico para execução do modelo matemático de simulação da carga contaminante de pesticidas e nitrato para o aquífero.

sociação Nacional de Defensivos Agrícolas, ANDEF, 1989; Boletim 200 - Instituto Agronômico de Campinas, IAC; Secretaria de Defesa Sanitária Vegetal (SDSV), Ministério da Agricultura; Compêndio de Defensivos Agrícolas - ANDREI, 1987, entre outros), especificando-se doses (g/ha) e número de aplicações para cada produto em cada cultura, para se estimar a carga contaminante aplicada (F).

Entretanto, a capacidade de atenuação do solo, envolvendo o ciclo hidrológico e os mecanismos físico-químico-biológicos entre o produto e o meio, é que vai determinar a proporção potencialmente passível de ser lixiviada (f) para as camadas mais profundas do solo e assim, atingir a zona saturada, vindo a se constituir na carga contaminante para o aquífero (CC).

A capacidade de atenuação do solo (f), específica para cada município e produto, foi estimada com base nas seguintes variáveis condicionantes:

- matéria orgânica do solo - dados do levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo (IAC);
- excedente hídrico e taxa de infiltração anual de água no solo - Atlas Agroclimático (IAC) e Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo (SAA);
- nitrogênio total presente no solo - dados do levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo (IAC);
- perenidade da cultura - anuais $P = 0,75$ e perenes $P = 1,0$;
- constante de sorção do produto na matéria orgânica do solo (K_{OC}) de acordo com dados de KENAGA (1980);
- fator de bioconcentração do produto (FBC) - dados de KENAGA (1980).

Os índices e equações matemáticas utilizadas para a composição do modelo de simulação da carga contaminante para o aquífero são apresentados na Figura 2.

PESTICIDAS

- CC_{iJ} = Carga Contaminante ($\mu\text{g/l}$) para o aquifero do pesticida i no municipio
 F_{iJK} = Aporte do pesticida i (g/ano) na cultura k no municipio J .
 NA_{iK} = Numero de aplicacoes do pesticida i na cultura k .
 D_{iK} = Dose de aplicacoes (g/ha.ano) do pesticida i na cultura k .
 P_x = Perenidade da cultura k .
 f_{iJK} = Capacidade de atenuacao na interacao do pesticida i com o solo do municipio J , quando aplicado a cultura k .
 I_J = Taxa de infiltracao de agua no solo do municipio J - Excedente hidrico (mm/ano).
 MO_J = Materia Organica (%) do solo no municipio J .
 J_x = Ponderacao da produtividade de cultura k para todo o Estado.
 FBC_{iJ} = Fator de bioconcentracao do pesticida i .
 $K_{oc\ iJ}$ = Constante de sorcao do pesticida i .
 S_J = Area (ha) do municipio J .

$$F_{iJK} = NA_{iK} \times D_{iK} \times J_x \times A_{xJ}$$

$$f_{iJK} = \frac{P_x}{100 \times MO_J \times K_{oc\ iJ} \times FBC_{iJ}}$$

Para : $1 \leq j \leq 560$ e
 $1 \leq k \leq 128$

Compute :

$$CC_{iJ} = \sum_{k=1}^{37} \frac{(F_{iJK} \times f_{iJK})}{I_J \times S_J}$$

Figura 2a. Índices e equações matemáticas para pesticidas.

NITRATO

CC_{NO_3J} = Carga contaminante de nitrato (mg/l) para o aquífero no município J.

F_{NTJ} = Aporte de nitrogênio total (kg/ano) no município J.

D_{NTk} = Dose de nitrogênio total (kg/ha) aplicado a cultura k.

A_{kJ} = Área (ha) da cultura k no município J.

S_J = Área do Município J.

R_J = Rebanho bovino no município J.

D = Dose de excreção de nitrogênio total por cabeça (kg/cabeça).

NI_J = Teor de nitrogênio total presente no solo (kg/ha) do município J.

I_J = Taxa de infiltração de água (mm/ano) no solo do município J.

f_{NTJ} = Contribuição de nitrogênio total nativo (kg/ano) no município J.

Para : $1 \leq J \leq 560$

Compute :

$$F_{NTJ} = D \times R_J + \sum_{k=1}^{37} A_{kJ} \times D_{NTk}$$

$$f_{NTJ} = NI_J \times S_J$$

$$CC_{NO_3J} = \frac{0.15 \times (F_{NTJ} + f_{NTJ})}{100 \times I_J \times S_J}$$

Figura 2b. Índices e equações matemáticas para nitrato.

Apesar das limitações analíticas impostas pela generalização e simplificação do universo agropecuário paulista, os resultados obtidos através deste modelo, embora quantitativos, serão comparados com níveis admissíveis de ocorrência determinados pela legislação pertinente, para compor uma escala qualitativa de riscos (baixo, médio, alto) de contaminação das águas subterrâneas em mapas de polígonos na escala de 1:500.000.

As aplicações deste trabalho são bastante variadas, destacando-se o auxílio na escolha de áreas críticas para monitoramento ambiental, fornecimento de subsídios para políticas de uso adequado de pesticidas na agricultura e normatização, além da possibilidade de aplicação da metodologia diretamente sobre os arquivos dos censos agropecuários (IEA e possivelmente IBGE), a fim de gerar um sistema informatizado de monitoramento de riscos de contaminação, com base anual para outras regiões.

LITERATURA CITADA

- BERNARDES JUNIOR, C.; CLEARY, R.W. Contaminação de águas subterrâneas por poluentes tóxicos e cancerígenos: um estudo de caso. 5º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo: 256-63, 1988.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Súmula das recomendações aprovadas para os produtos fitossanitários. 2 vols. Brasília, 1987. 1162p.
- CANTER, L.W. Environmental impacts of agricultural production activities. Chelsea, Lewis Publislhers Inc. 1986. 382p.
- Compêndio de Defensivos Agrícolas. Organização Andrei Editora Ltda. São Paulo, 1987. 492p.
- FOSTER, S.D.; HIRATA, R.C.; ROCHA, G.A. Riscos de poluição de águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. 5º Congressos Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, p.175-85, 1988.
- FOSTER, S.D.; HIRATA, R.C. Evaluacion del riesgo de contaminacion de las aguas subterrâneas - metodo de reconocimiento basado on datos existentes. CEPIS - OPS, Lima. Peru; Version Preliminar, 1988. 84p.
- GARGANTINI, H.; COELHO, F.A.S.; VERLENGIA, F.; SOARES, E. Levantamento de fertilidade do solo do Estado de São Paulo. IAC, 1970.

KENAGA, E.E. Predicted Bioconcentration factors and soil sorption coefficients of pesticides and other chemicals. Ecotoxicology and Environmental Safety, v.4, p.26-38, 1980.

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. Vol. I. São Paulo, 1974. 165p.

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. IAC. Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo. Boletim 200. 1987. 231p.

SINELLI, O.; AVELAR, W.E.P.; LOPES, J.L.C.; ROSELLI, M. Impacto Ambiental nas águas subterrâneas da Bacia hidrográfica do Rio Pardo (SP). Lixões e pesticidas. 5º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, p.247-53, 1988.

ASPECTOS DE TOXICOLOGIA DE PESTICIDAS

Vera Lúcia S. de Castro¹

Cláudio Martin Jonsson²

A preocupação com as conseqüências ecológicas do uso de pesticidas vem crescendo em relação à conservação da vida selvagem. Porém, o desastre ecológico que pode advir do mau uso destas substâncias não se restringe aí. O homem é produto do ambiente, assim como contribuinte e qualquer mudança que faça nesse contexto, retornará em sua direção. Todos os praguicidas são substâncias tóxicas podendo sua utilização oferecer ou não perigo. No entanto, o principal problema acarretado por eles é a sua utilização indiscriminada. A segurança que se pode ter em seu uso está diretamente relacionada com a toxicidade do composto, o grau de contaminação e o tempo que se fica exposto a ele durante a aplicação. A preocupação com a segurança de seu uso deve estender-se a todos, desde os operários de indústria que os fabricam até a população em geral, consumidora dos produtos em que foram aplicados estas substâncias.

De acordo com dados da Fundacentro, entre 1984 e 85 no Estado de São Paulo, ocorreram 525 casos de intoxicações registrados com agrotóxicos de um total de 33.390 casos de acidentes de trabalho de causas diversas.

Segundo o programa de Vigilância Epidemiológica em Intoxicações no Vale do Ribeira, em 1985 foram encontrados 119 casos de acidentes com pesticidas, sendo que 37,5% com organofosforados, 30% com carbamatos, 10% com paraquat, 1,3% com organoclo-

^{1,2} Pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, EMBRAPA. Área de Toxicologia.

rados e 3,2% com outros.

O número de substâncias químicas em uso atualmente nas diferentes culturas é muito grande. Segundo o Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo, em 1986 os valores das vendas de defensivos agrícolas no mercado interno totalizaram cerca de Cr\$ 11.546,70 milhões, cifra 43,1% superior a de 1985 em termos reais.

Com relação aos problemas ocasionados pelos pesticidas ao meio ambiente, pode-se dizer que o equilíbrio dos ecossistemas pode ser afetado por estes compostos através de vários mecanismos. Tais alterações podem ser causadas devido à ação tóxica direta sobre organismos não alvo que podem resultar em efeitos indiretos, como a falta de alimentos para espécies pertencentes a um nível trófico superior da cadeia alimentar, ou a eliminação de importantes espécies de predadores que mantém o equilíbrio ecológico.

Para a intensiva utilização dos pesticidas como um dos principais meios de controle fitossanitário nos agroecossistemas, torna-se indispensável verificar suas características toxicológicas visando principalmente obter indicações, que possibilitem medidas de proteção à saúde pública e ao meio ambiente.

A avaliação toxicológica compreende a análise dos dados toxicológicos de uma substância ou composto com o objetivo de classificá-lo toxicologicamente e ao mesmo tempo, fornecer informações a respeito da forma correta de seu emprego, bem como as medidas curativas quando do uso inadequado.

Os dados toxicológicos são informações obtidas através da experimentação em animais de laboratório ou através do registro de casos de intoxicações ocorridas em animais e seres humanos compreendendo:

- a) toxicidade aguda (diversas vias);
- b) toxicidade crônica (diversas vias);
- c) efeitos carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos.

Por intoxicação entendemos a manifestação clínica e/ou laboratorial de efeitos adversos que se revelam num estado patológico ocasionado pela interação de um toxicante com o organismo. Os agentes tóxicos seriam portanto substâncias químicas que rompem a homeostase do organismo.

A maior ou menor gravidade de ação no organismo dependerá de diversos fatores relacionados com o ambiente, o toxicante e o organismo.

Algumas variáveis que influenciam a toxicidade de uma substância no organismo animal são:

- variáveis concernentes aos animais:

espécie

linhagem

idade

sexo

- variáveis concernentes à substância:

via de administração

veículo empregado

freqüência de exposição

quantidade (dose)

- variáveis concernentes ao ambiente

temperatura

umidade

ciclo dia e noite

A importância de se avaliar toxicologicamente uma substância química reside em se determinar níveis que não produzam nenhum efeito tóxico observável, traduzido na inexistência de alterações anatomo-fisiológicas, bioquímicas e comportamentais sendo portanto, os resultados destas avaliações que devem nortear a escolha das substâncias químicas a serem utilizadas no controle fitossanitário dos agroecossistemas.

Nesse sentido, faz-se necessária a realização de testes experimentais para a avaliação do emprego correto dos pesticidas, bem como sua relação risco/benefício em função da saúde pública e do meio ambiente.

No tocante aos resíduos é perfeitamente possível avaliar o risco toxicológico que fornece o valor da ingestão diária aceitável (IDA) e com base nela, estabelecer os níveis aceitáveis de resíduos de pesticidas em alimentos. Estes limites máximos de resíduos (LMR) provêm de estudos de degradação, transformação e forma remanescente do produto. Posteriormente, é confrontado com a IDA, se for menor é estabelecido como LMR, se for maior o uso do pesticida deve ser abolido.

De acordo com a portaria normativa nº 349, de 14 de março de 1990, testes de avaliação toxicológica são necessários para registro e comercialização de pesticidas no país.

A seguir faremos uma breve descrição dos principais testes em organismos, conforme o "Manual de testes para avaliação da ecotoxicidade de agentes químicos" do MINTER-SEMA (atualmente IBAMA), que tem como finalidade padronizar a metodologia utilizada visando criar as bases que possibilitem a implantação de um sistema racional para registro de agentes químicos no país.

1- Avaliação da toxicidade para microrganismos:

a) Avaliação da toxicidade aguda:

OBJETIVO: detectar a ação tóxica de um determinado composto químico ou de uma mistura de compostos sobre Photobacte-

rium phosphoreum, através da medida da redução da quantidade de luz naturalmente emitida por estes organismos;

- detectar a ação tóxica de um determinado composto químico ou de uma mistura de compostos sobre a bactéria Spirillum volutans através da perda de motilidade desse microrganismo.

2- Avaliação da toxicidade para microcrustáceos

a) Avaliação da toxicidade aguda;

OBJETIVO: detectar a ação tóxica de um determinado composto químico ou de uma mistura de compostos sobre a mobilidade de Daphnia similis em curto período de tempo.

b) avaliação da toxicidade crônica:

OBJETIVO: avaliar a ação tóxica de um determinado composto químico ou de uma mistura de compostos químicos sobre a sobrevivência de Daphnia similis durante um período de 21 dias.

- avaliar a ação tóxica de um determinado composto químico ou de uma mistura de compostos químicos sobre a sobrevivência e reprodução de Ceriodaphnia dubia durante um período de 7 dias.

3) Avaliação de toxicidade para peixes

a) Avaliação da toxicidade aguda:

OBJETIVO: avaliar a sobrevivência de espécies autóctones à ação de agentes químicos em um período de 96 horas.

b) Avaliação de toxicidade crônica:

OBJETIVO: avaliar a sobrevivência de peixes em estágios larvais à ação de agentes químicos durante 7 dias de exposição.

c) Avaliação da bioconcentração:

OBJETIVO: avaliar o acúmulo de compostos químicos em espécies autóctones após 8 dias de exposição do organismo a concentrações subletais do agente tóxico.

4- Avaliação da toxicidade para algas

OBJETIVO: avaliar a ação de agentes químicos sobre o crescimento de uma cultura de algas clorofíceas (Chlorella vulgaris).

5- Avaliação da toxicidade para organismos do solo

OBJETIVO: avaliar a sobrevivência de minhocas adultas da espécie Eisenia fetida à exposição de agentes químicos durante 14 dias.

6- Avaliação da toxicidade para mamíferos

A toxicidade oral, inalatória e cutânea são determinadas em diferentes tempos de exposição:

- a) curto prazo - Permite a determinação da DL_{50} (dose letal média) de agentes tóxicos em ratos ou a CL_{50} (concentração letal média) no caso de toxicantes inalados. Desta forma são estabelecidas doses para estudos a médio e longo prazo, bem como são fornecidas informações sobre o modo de ação tóxica da substância.
- b) curto prazo com doses repetidas - Fornece informações sobre os efeitos tóxicos através de exposições repetidas e a necessidade de estudos a longo prazo, assim como as doses a serem usadas nestes testes.
- c) médio prazo - Fornece informações de efeitos adversos por exposição repetida, órgãos alvo, acúmulo e dose-sem-efeito (usada para selecionar doses para estudo a longo prazo e estabelecimento de critérios de segurança).

6.1- Toxicidade oral:

OBJETIVO: conhecer a toxicidade de substâncias decorrentes de exposição de ratos através da via oral em estudos a curto prazo (24 horas de exposição - observação até 14 dias), curto prazo com exposições repetidas (28 dias de exposição) e médio prazo (90 dias de exposição).

6.2- Toxicidade Inalatória:

OBJETIVO: conhecer a toxicidade de substâncias que sejam introduzidas em ratos pela via respiratória em estudos a curto prazo (24 horas de exposição), curto prazo com exposições repetidas (28 dias de exposição) e médio prazo (90 dias de exposição).

6.3- Toxicidade cutânea:

OBJETIVO: fornecer informações sobre efeitos adversos decorrentes de exposição de ratos a agentes químicos pela via dérmica, através de estudos de curto prazo (14 dias de exposição), curto prazo com exposições repetidas (28 dias de exposição) e médio prazo (90 dias de exposição).

6.4- Toxicidade a longo prazo:

OBJETIVO: avaliar a toxicidade de compostos químicos em camundongos e ratos quanto ao potencial carcinogênico durante um período de 12 a 24 meses, permitindo o estabelecimento de critérios de segurança para a exposição humana.

6.5- Toxicidade embrio-fetal:

OBJETIVO: avaliar a toxicidade de compostos químicos no

tocante a sua capacidade mutagênica, teratogênica e de produção de alterações fisiopatológicas no desenvolvimento do organismo imaturo.

Outros

- Avaliação do potencial mutagênico em microrganismos.
- Avaliação do potencial mutagênico em células eucarióticas.
- Avaliação do potencial mutagênico em ratos-teste do letal dominante.

COMPORTAMENTO DE HERBICIDAS NO SOLO

Antonio Luiz Cerdeira¹
Reinaldo Forster²

Na prática agrícola é considerada planta invasora a planta que não compõe o agrossistema constituído pelas plantas cultivadas e implantadas, ou semeadas pelo agricultor, no sentido de obter produção de valor econômico. Essas plantas podem ser de valor alimentício, industrial ou plantas produtoras de fibras para agasalho do ser vivo, o homem.

Na situação atual, após milênios de uso do solo com exploração agrícola, existe naturalmente uma população de plantas não desejadas, pela sua não aplicação até o momento, e que devem ser controladas no ambiente agrícola para não oferecerem competição com as plantas do interesse imediato do homem. Historicamente essa atividade foi sempre exercida pelo agricultor, quer o primitivo, quer o atual, este em maior intensidade pelos recursos hoje disponíveis e pela maior necessidade de produzir para uma população humana crescente. Em bibliografia disponível para nossa época existe na Bíblia a conhecida parábola do joio e do trigo, quando o primeiro reduzia a produção do trigo, planta de histórica necessidade de alimentação para o homem.

Quando o homem, premido pela necessidade de produção, passou à derrubada de matas, expandindo o reino do seu

1 e 2 Pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da EMBRAPA, Área de Herbicidas.

mando, de início, surgem como plantas de pequeno porte, as dicotiledôneas, popularmente chamadas de plantas de folhas largas. Posteriormente, com o uso contínuo das áreas, surgem as chamadas plantas de folhas estreitas, as monocotiledôneas. Essa população mista constitui hoje em dia, a população das chamadas plantas invasoras no agrossistema da produção agrícola.

De muitos tempos para cá, utilizava-se, além dos métodos manuais e mecânicos, compostos químicos minerais para eliminar certas plantas vegetando em situação não desejada. Assim, ácido sulfúrico, arseniatos, sais de ferro, além do sal de cozinha, tinham aplicação para esse propósito. Houve também a evolução dos diversos métodos: manuais, com ferramentas, com tração animal, com tração motorizada, que predominaram até a década de 30 ou 40.

Paralelamente os fisiologistas vinham estudando o comportamento das plantas em relação à luz solar, observando que a brotação das plantas era sempre em direção à fonte de luz. Com ensaios diversos concluíram que no broto terminal de crescimento da planta deveria existir um estímulo para o crescimento, posteriormente elucidado pela química trata-se do ácido indolacético.

Essa atividade hormonal do indolacético incentivou a busca de novos hormônios, o que resultou no ácido monocloroacético conhecido como MCPA e ácido diclorofenociacético, conhecido como 2,4-D. Eles oferecem derivados diversos, o que ampliou o campo de pesquisa e aplicação da ação hormonal de compostos orgânicos, abrindo-se esse campo de pesquisa. Em ensaio de campo, procurando incrementar a produção do trigo, esses compostos exerceram ação contra as plantas invasoras denominadas mostarda e nabiça, ambas crucíferas do gênero Raphanus, extremamente sensíveis aos mencionados compostos, conseguindo-se eliminá-las da plantação do trigo. Essa foi a grande abertura para pesquisa da química orgânica em busca de novas moléculas com

ação herbicida.

Testados inicialmente sobre plantas, como foi o caso citado, esses dois compostos mostraram uma quase perfeita seletividade em favor da planta do trigo, eliminando as plantas sensíveis, mostarda e nabiça. Testados sobre o solo, diretamente aplicados à superfície, mostraram diferente seletividade, pois as sementes do trigo são prejudicadas pela aplicação do 2,4-D à superfície do solo que já havia recebido a semente do trigo.

Seguem-se a síntese de novas moléculas, algumas sem ação sobre as plantas nascidas, mas com eficiência sobre a sementeira existente no solo. Daí surge nova ação de seletividade, comportamento diversificado de grupos químicos de novos herbicidas em função do tipo de solo, arenoso ou argiloso, ou contendo teores diversificados de matéria orgânica.

O solo é uma composição dinâmica e como tal constitui um ambiente especial para os herbicidas. A aplicação no solo o expõe a todos os processos físicos e biológicos, que normalmente acontecem nele, como: ADSORÇÃO, REAÇÕES QUÍMICAS e ATIVIDADE MICROBIANA, que estão diretamente relacionados com a dinâmica de solos e também podem estar sujeitos a VOLATILIZAÇÃO, LIXIVIAÇÃO e FOTODECOMPOSIÇÃO. Pode-se ver que tanto as condições climáticas como as de solo, não são facilmente controladas. Desta forma, um herbicida aplicado no solo deve funcionar em uma escala razoável de condições adversas, com alto grau de confiabilidade, o que nem sempre acontece.

Bio-decomposição ou atividade microbiana

A decomposição dos herbicidas pelos microrganismos leva a um importante papel na degradação de vários compostos. Neste processo, os microrganismos do solo utilizam a molécula do herbicida como fonte de alimento, C ou N.

Na maioria dos casos, também afetam a degradação dos herbicidas os mesmos processos que provocam a decomposição do

- humus da matéria orgânica ou os processos de amonificação ou nitrificação. Entre os fatores que aceleram a decomposição estão:
- a) temperatura do solo (com maior temperatura, maior atividade microbiana);
 - b) umidade do solo;
 - c) pH (em pH menores que 5 se reduz a atividade, exceto com alguns microrganismos como o Rhizobium);
 - d) aeração (com maior aeração, maior atividade microbiana).

Em geral, depois de aplicações sucessivas de um herbicida, a população de microrganismos que utilizam-no como alimento, aumenta, degradando-o cada vez com mais rapidez e encurtando assim sua persistência.

Não se sabe muito em relação aos efeitos dos herbicidas sobre os microrganismos.

Evidentemente a indução de mudanças na flora microbiana, selecionando certas espécies ou raças, pode aumentar consideravelmente as reações do solo em seu conjunto.

A velocidade com que os diferentes herbicidas são degradados por atividade microbiana é variável. Para 2,4-D e IPC, por exemplo, é de aproximadamente 4 semanas; dalapon, picloran e fenac são altamente resistentes, e atrazin e diuron medianamente resistentes.

Adsorção

É talvez um dos mais importantes fatores para condicionar a disponibilidade de um herbicida quando é aplicado no solo. A adsorção resulta da atração física ou química de uma substância a uma superfície.

Pode considerar-se como um processo de equilíbrio entre a substância adsorvida das partículas do solo e a disponibilidade na solução do mesmo.

Uma parte das substâncias é atraída pelas partículas coloidais e outra parte integra a solução do solo, diretamente disponível para as plantas. A adsorção pode ter lugar na superfície das partículas de solo, ou pode ser interlaminar.

Quando a adsorção é interlaminar, como sucede com alguns herbicidas (diquat), sua liberação é muito mais difícil do que quando a retenção é na superfície.

a) Fatores que afetam a adsorção

- Textura do solo

Solos com alto teor de argila têm maior superfície de contato que os arenosos. Devido ao tamanho das partículas de argila, muito menores que as de areia, a área é maior por unidade de volume, afetando consideravelmente a dose de aplicação.

- Tipos de argila

Quando se observar que o número de cargas negativas e o número de camadas para cada argila é diferente, a adsorção também o é. Considera-se que a intensidade da adsorção segue mais ou menos a capacidade de intercâmbio catiônico de cada argila.

Argila	CIC (Capacidade de Intercâmbio catiônico)
Kaolinita	15 meq
Clorita	30 meq
Ilita	30 meq
Montmorilonita	100 meq
Vermiculita	150 meq
Matéria orgânica	200 meq
Superfície de humus	500-800 m ² /g

A elasticidade das camadas de argila, assim como a distância entre elas, também influi na adsorção.

- Umidade

O conteúdo de água no solo pode impedir a adsorção dos herbicidas, efeito que é benéfico, já que eles podem per

manecer disponíveis para as plantas. Porém, no caso de produtos voláteis (EPTC, trifluralin e butilate), a umidade ocasiona a perda do composto por volatilização ao evaporar a água.

- Temperatura

Adsorção é um processo exotérmico (libera energia), libera calor, conseqüentemente um aumento da temperatura aumenta a instabilidade das moléculas, seu movimento e, portanto, diminui a adsorção. Existe também uma relação com a solubilidade. A maior parte dos compostos aumentam sua solubilidade quando se aumenta a temperatura e, portanto, é menos adsorvidas, pois passa a integrar a solução do solo. Há exceções para isto, tal como acontece com o EPTC, cuja solubilidade em água diminui com o aumento de temperatura.

- Solubilidade

Para um grupo de herbicidas em particular a solubilidade pode ser um indicador adequado de qual será seu comportamento com relação à adsorção.

Diuron - 42ppm - mais adsorvido; Linuron - 75ppm - menos adsorvido. Isto não é regra para outros grupos, porque o paraquat, por exemplo, é completamente solúvel em água e é um dos herbicidas mais fortemente adsorvidos.

Em geral pode-se afirmar que os herbicidas voláteis devem ser aplicados em solos secos e os não voláteis em solos úmidos.

- pH

Seu efeito não é muito conhecido em relação a todos os herbicidas. O atrazina, por exemplo, é mais adsorvido quando o pH diminui, porque a concentração de íons de hidrogênio aumenta e alguns deles se associam com a molécula do produto, a carregando positivamente, forma que é atraída ao colóide, onde predominam cargas negativas.

Para 2,4-D, por exemplo, o aumento de pH (menos H) causa

dissociação da molécula, passando a uma forma mais negativa que é menos adsorvida.

Em geral, os fenoxis, picloran, amiben, glifosato, dalapon, TCA são acidificantes, enquanto que paraquat e triazinas são básicos e, conseqüentemente, mais adsorvidos.

Lixiviação

Refere-se ao movimento do produto químico com a água do solo ou aplicado ao solo, intimamente relacionado com o conteúdo de argila ou matéria orgânica, a solubilidade do herbicida e a quantidade de água que se move através do perfil. Em geral, há maior lixiviação quando os compostos têm maior solubilidade em água.

Volatilidade

É a mudança do estado líquido ao estado de vapor. Depende da pressão de vapor do composto, a qual está influenciada por vários fatores.

A pressão de vapor muda fundamentalmente com mudanças de temperatura. Aumentos na temperatura alteram o equilíbrio molecular aumentando a pressão de vapor.

Exemplos:

Altamente voláteis: trifluralin, EPTC, vernolate.

Medianamente voláteis: 2,4-D (ésteres de alta volatilidade), CIPC e IPC.

Baixa volatilidade: uréias, triazinas.

Não voláteis: bromacil

Decomposição química

É um processo não muito estudado, mas que é muito similar ao realizado pelos microrganismos. Os fatores que influem na decomposição microrgânica também afetam a decomposição química. As triazinas são decompostas quimicamente no solo. Várias

reações, talvez similares às que ocorrem nas plantas, são responsáveis por este tipo de degradação, incluindo hidrólise como uma das mais comuns.

Fotodecomposição

A luz, especialmente a fração ultravioleta de seu espectro, altera o balanço de energia das moléculas, resultando, em alguns casos, no rompimento dos enlaces moleculares.

Isto é particularmente correto para compostos contendo nitrogênio, que permanecem na superfície do solo, expostos à radiação ultravioleta.





EMBRAPA 515
FICHA DO LIVRO

AUTOR

TÍTULO Curso de defesa da agricultura,
 1990, Jaguariúna. Jaguariúna,
 EMBRAPA-CNPDA, 1990.

DEVOLVER EM	NOME DO LEITOR
05/03/97	<i>Duchsa</i>
01/08/00	<i>Emílio</i>



— BIBLIOTECA —

