



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA
ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA**

**INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E
FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO**

CERTIFICAÇÃO FITOSSANITÁRIA DE ORIGEM

Vol. I - PRAGAS



MOSAICO DO MAMOEIRO *Papaya ringspot virus - PRSV-P*

José Aires Ventura
Hélcio Costa

O Mosaico, também conhecido como mancha anelar, é uma das mais importantes doenças do mamoeiro, sendo um dos fatores limitantes do desenvolvimento da cultura. No Brasil, a doença, a partir dos anos 60, tornou-se o principal problema fitossanitário da cultura no Estado de São Paulo, tendo determinado a sua migração para outros estados do País. As perdas são muito altas quando não se faz o *roguing* das plantas doentes (COSTA; VENTURA; TATAGIBA, 2000; VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2003; 2004).

SINTOMAS

Os sintomas iniciam-se por um amarelecimento das folhas mais novas, que, posteriormente, apresentam um aspecto de mosaico, ou seja, áreas verdes misturadas com áreas amarelas de tonalidades, formas e tamanhos variados, com contorno bem definido resultando em diminuição da taxa de crescimento das plantas e consequente redução da produtividade (Figura 1). Nas folhas doentes, podem ocorrer intensas deformações e bolhas, que se caracterizam como áreas elevadas de colocação verde normal em contraste acentuado com o restante da folha

que se encontra amarelado (Figura 1). Na região do caule e nos pecíolos das folhas podem aparecer manchas irregulares de aparência oleosa, sendo estes sintomas bastante característicos da doença (Figura 2A). Os frutos podem apresentar manchas sob a forma de pequenos anéis concêntricos, bem nítidos, com o centro verde (Figura 2B). Em estádios mais avançados, os anéis podem ficar necrosados e esbranquiçados. A copa das plantas doentes torna-se menor com o progresso da doença, ficando as folhas com o tamanho reduzido e muitas vezes deformadas.

Deve-se ter o cuidado para não confundir os sintomas do mosaico nas folhas, com os apresentados pelo ataque do ácaro branco, que também causam deformação das folhas. No caso da infestação pelo ácaro branco, além da presença dos ácaros, as folhas apresentam-se com nervuras mais grossas, mal formadas e rugosas, quase que só reduzidas às nervuras e no limbo foliar não são observadas as "ilhas" verdes típicas do mosaico.

A clorose de plantas devida à deficiência de nitrogênio não deve ser confundida com a clorose causada pelo vírus, que neste caso sempre vem associada aos sintomas acima referidos, além de que a clorose causada pela infecção do vírus ocorre principalmente nas folhas jovens, enquanto a deficiência de N aparece nas folhas mais velhas.



Figura 1. Sintomas de mosaico nas folhas mais novas, característicos da doença causada pelo *Papaya ringspot virus* - PRSV-P. Fonte: José Aires Ventura.

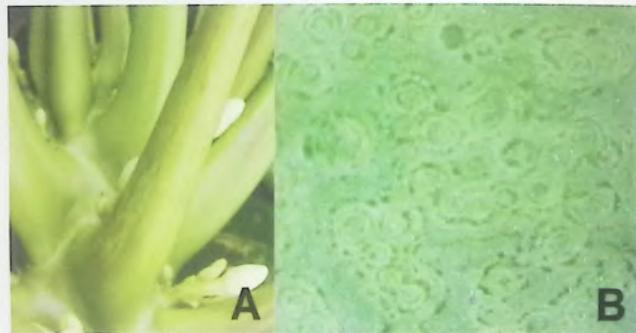


Figura 2. Sintomas da doença nos pecíolos das folhas formando estrias com aspecto oleoso (A). Anéis concêntricos nos frutos, característicos da infecção do vírus do mosaico do mamoeiro. (B). Fonte: José Aires Ventura.

ETIOLOGIA

O mosaico do mamoeiro é causado por um vírus da família *Potyviridae*, Gênero *Potyvirus*, cujas partículas flexuosas medem 760-800nm de comprimento por 12nm de diâmetro. O ácido nucleico é constituído por uma fita simples positiva de RNA. O vírus induz à formação de inclusões do tipo cata-vento no citoplasma das células infectadas, o que é típico da família *Potyviridae*, tendo 10.326pb e uma organização genômica que consiste em VPg-5', 63K NT, 52K HC-Pro, 46K, 72K CI, 48K NIa, 59K NIB, 35K cp, 3'-ncr e poly (A) (YEH ET AL., 1992; LIMA, R. C.; LIMA, J. A.; LEAL, 2001). Existem dois biótipos distintos do vírus do mosaico do mamoeiro: vírus do mosaico do mamoeiro - biótipo mamoeiro (*Papaya ringspot virus* - PRSV-P) e vírus do mosaico do mamoeiro - biótipo melancia (*Papaya ringspot virus* - PRSV-W). O biótipo mamoeiro infecta o mamoeiro, cucurbitáceas e quenopodiáceas, enquanto o biótipo melancia infecta apenas as cucurbitáceas, não infectando o mamoeiro, sendo inicialmente referido como vírus do mosaico da melancia (*Watermelon mosaic virus 1* - WMV-1). Ambos os biótipos dos vírus causam lesões locais em *Chenopodium quinoa* e *C. amaranticolor*, plantas usadas como bioindicadoras de viroses.

Estes biótipos, no entanto, não podem ser separados apenas com base na divergência das sequências da *cp*, uma vez que foram inferiores a 12% (SOUZA JR., 2000). Comparando as sequências de nucleotídeos do gene *cp* de PRSV-p e PRSV-w do Brasil e de outros países, Souza Jr. (2000) demonstrou que a divergência era

inferior a 16%. Estudos com 12 isolados de PRSV-p de diferentes regiões geográficas do Brasil também revelaram um baixo grau de variabilidade, sendo de 2,7 e 2,81% ao nível de nucleotídeos e aminoácidos respectivamente (LIMA, R. C.; LIMA, J. A.; LEAL, 2001).

EPIDEMIOLOGIA

O PRSV-p é transmitido mecanicamente por enxertia e naturalmente por afídeos de forma não persistente, ou seja, o vírus é adquirido e transmitido pelos vetores em um curto espaço de tempo, muitas vezes segundos. No Brasil, pelo menos seis espécies foram comprovadas como transmissoras desse vírus em condições experimentais: *Myzus persicae* (pulgão-verde do pessegueiro), *Aphis gossypii* (pulgão do algodoeiro), *A. fabae* (pulgão-preto da fava), *A. coreopsidis*, *Aphis sp.* e *Toxoptera citricidus* (pulgão-preto dos citrus).

Em outros países, vinte e cinco espécies de afídeos já foram testados experimentalmente e consideradas vetores do vírus (CULIK ET AL., 2003). Embora os afídeos não colonizem o mamoeiro, são atraídos pela tonalidade clara das folhas, e o vírus é transmitido no momento da "picada de prova" destes, no reconhecimento do hospedeiro. A chuva e o vento são fatores importantes na movimentação dos afídeos dentro do pomar ou entre pomares vizinhos, facilitando a disseminação do mosaico principalmente quando o *roguing* não é bem feito. Na fertilização dos pomares, é muito importante o equilíbrio nutricional das plantas, em especial a relação N/K.

O PRSV-P pode ser transmitido mecanicamente para outras espécies do gênero *Carica* e também mecanicamente para diferentes espécies da família *Cucurbitaceae*, mas não há evidências de ser transmitido pelas sementes. O vírus do mosaico do mamoeiro apresenta uma velocidade de disseminação muito rápida, a partir do primeiro foco da doença, podendo todas as plantas do pomar ser infectadas após um período de 3-7 meses, como observado na Região Serrana do Estado do Espírito Santo. As plantas podem ser infectadas em qualquer fase do desenvolvimento vegetativo, e os sintomas aparecerem entre 2-3 semanas após a inoculação. Pesquisas desenvolvidas na Índia mostraram um efeito significativo da época de plantio sobre a incidência do mosaico nas plantas, o que pode estar associado à maior população de afídeos vetores. Plantas quando infectadas muito jovens não chegam a produzir frutos, mas raramente a planta morre prematuramente.

CONTROLE

Quando as plantas são infectadas em um pomar, o vírus rapidamente se dissemina, sendo difícil o controle em razão da eficiente transmissão pelos afídeos. Tentativas de controle dos afídeos com o uso de inseticidas também não tiveram sucesso. A proteção cruzada ou premunização que consiste na proteção das plantas previamente infectadas por uma estirpe "fraca" do vírus contra as estirpes severas foi tentada no Brasil e em outros países. É uma medida que tem mostrado resultados limitados no controle da doença, com

resultados práticos não consistentes, uma vez que as pesquisas promissoras em casa de vegetação não foram estáveis no campo. Novas pesquisas, no entanto, devem continuar com a seleção e purificação dos vírus das estirpes fracas a serem utilizadas na premunização, uma vez que o insucesso deste método pode estar associado à presença (contaminação) de partículas de estirpes severas, junto com as fracas e que acabam por ressurgir após algum tempo de proteção cruzada.

Considerando a inexistência de variedades comerciais resistentes ao mosaico, no Espírito Santo, tem sido possível conviver economicamente com o vírus, usando as medidas preventivas e de manejo da cultura, que visam reduzir a sua disseminação (COSTA; VENTURA; TATAGIBA, 2000; VENTURA, 2002; 2007; VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2003; 2004):

- Realizar vistorias periódicas nos pomares e eliminar as plantas infectadas (*roguing*) tão logo os sintomas do mosaico possam ser reconhecidos.
- Instalar viveiros e pomares o mais distante possível de outros pomares, principalmente se houver ocorrência de mosaico.
- Evitar a presença de plantas hospedeiras de pulgões, dentro e nas proximidades do pomar.
- Realizar adubações equilibradas e manter o pomar limpo, para evitar a formação de colônias de afídeos nas plantas daninhas.
- Evitar o plantio das fileiras no mesmo sentido da ação de ventos predominantes, o que pode favorecer a disseminação dos afídeos dentro do pomar e nos pomares mais próximos

- Eliminar os pomares abandonados, principalmente se estiverem com plantas infectadas pelo vírus.
- Preferencialmente instalar o pomar em regiões onde ocorre uma menor população de afídeos transmissores do PRSV-P, pois poderá auxiliar nas medidas de controle dessa doença, especialmente na erradicação das plantas doentes.

Uma vez infectada, a planta não tem cura, mas alguns produtores, no entanto, relutam em cortar as plantas doentes produtivas, principalmente quando o preço da fruta está em alta no mercado. A permanência de plantas doentes no pomar vai aumentar a fonte de inóculo e a dispersão do vírus para as plantas vizinhas, acarretando certamente um prejuízo muito maior, além de contaminar os pomares próximos.

As medidas relacionadas acima, principalmente o *roguing* com a erradicação sistemática das plantas com mosaico, quando empregada por todos os produtores, proporcionam resultados bastante satisfatórios, constatados no Norte do Espírito Santo, desde quando se implantou a Campanha de Erradicação do Mosaico do Mamoeiro neste Estado, amparada pela legislação federal e estadual. Esta campanha, no início, apresentou um caráter educativo, alertando o produtor quanto à necessidade da eliminação das plantas com mosaico tão logo se observe os sintomas da doença, o que está previsto pela legislação. Nas propriedades onde o *roguing* não estiver sendo realizado, o produtor recebe um Termo de Notificação da ocorrência do mosaico em seu pomar, tendo um prazo para proceder à erradicação. Após o cumprimento do prazo, os técnicos

da DFA-ES retornam à propriedade notificada para verificar se o produtor obedeceu ao cumprimento da legislação. Caso contrário, será lavrado o Auto de Interdição, proibindo-se a saída de qualquer material vegetal da sua propriedade. Se, mesmo assim, não houver adesão do produtor às exigências impostas, é realizada a erradicação compulsória do pomar por ação policial. Sendo considerado como contribuinte para a manutenção e difusão do mosaico, o produtor estará sujeito às penas previstas no Art. 259 e seu parágrafo único do Código Penal Brasileiro, pelo crime de difusão de doença.

O resultado positivo da Campanha que viabilizou a continuidade da exploração comercial do mamão no Espírito Santo foi em função da frequência das vistorias aos pomares pelos fiscais fitossanitários, em vista da dificuldade de alguns produtores se conscientizarem da importância do *roguing* no controle da doença, principalmente nos períodos de aumento no preço dos frutos de mamão.

MAMÃO TRANSGÊNICO

Nos últimos anos, têm-se intensificado as pesquisas com biologia molecular visando produzir plantas transgênicas de mamoeiro que expressem resistência ao mosaico em condições de campo. Os primeiros trabalhos para desenvolver um mamoeiro transgênico resistente à doença foram realizados no início da década de 90, através de um projeto cooperativo entre a Universidade de Cornell, a Universidade do Havai e a

empresa UpJohn dos USA, resultando a linhagem de plantas conhecida como 55-1, que expressa o gene da capa proteica (cp) de um isolado do vírus, obtido no Havai. Os clones RO da linha 55-1 mantêm-se resistentes ao PRSV-P, e a qualidade dos frutos e características das plantas são similares à 'Sunset' de onde foi originada (GONSALVES, 1998). Nas avaliações de campo, os materiais genéticos transgênicos foram denominados por 'UH SunUp' (linha 55-1 homocigota para o gene da capa proteica) e 'UH Rainbow' (híbrido resultante do cruzamento da 'UH SunUp' e a cv. Kapoho, não transgênica), tendo permanecido resistentes ao vírus e recebido boa aceitação dos produtores de mamão do Havai, obtendo a aprovação dos órgãos oficiais americanos (APHIS, EPAR e FDA), para cultivo e comercialização (GONSALVES, 1998). Estas plantas apesar de resistentes ao vírus do Havai, no entanto, quando inoculadas com vírus de outras regiões geográficas, inclusive do Brasil, mostraram-se suscetíveis (SOUZA JR., 2000; TENNANT et al., 1994). No Brasil, a Embrapa, inicialmente através do Centro de Mandioca e Fruticultura Tropical na Bahia e mais recentemente o Centro de Recursos Genéticos e Biotecnologia, estabeleceu uma parceria com a Universidade de Cornell para desenvolver plantas transgênicas resistentes ao vírus brasileiro, tendo estas plantas apresentado também resistência aos isolados do vírus do Havai e Tailândia (LIMA, R. C.; LIMA, J. A.; LEAL, 2001; SOUZA JR., 2000).

O mecanismo de resistência dos mamoeiros que expressam a versão não traduzível do gene cp do vírus

é mediado pelo RNA e não pela proteína, sofrendo influência do estágio de desenvolvimento das plantas e da concentração de inóculo, sendo no entanto, a influência destes fatores minimizada frente aos efeitos da dosagem gênica e do grau de homologia entre o (trans) gene *cp* e o gene *cp* do vírus usado na inoculação (SOUZA JR., 2000).

A discussão quanto aos possíveis riscos associados ao uso de transgênicos e organismos geneticamente modificados (OGM) tem-se intensificado nos últimos anos, levantando a preocupação com a biossegurança, principalmente de ordem alimentar e ambiental. O problema da transcapsidação em que um vírus pode usar a proteína do transgene, tornando-se mais agressivo, tem sido levantado por vários cientistas e merece estudos mais detalhados. No caso das plantas de mamão transgênicas desenvolvidas no Brasil, os genes utilizados foram o gene *cp*, do próprio vírus causador da doença, e o gene marcador *nptII*, devendo assim a análise de riscos considerar a interação *C. papaya* x *cp* x *nptII*. Como os mamoeiros transgênicos do programa da Embrapa expressam o gene da capa proteica na versão não-traduzível, que não produz a proteína, a heteroencapsidação não deverá ocorrer; no entanto, como não existem estudos com os demais vírus que ocorrem no mamoeiro, esta possibilidade deve ser melhor avaliada. Do mesmo modo, o fluxo gênico ou transferência vertical do (trans) gene para outras cultivares e híbridos deve ser considerado, principalmente nos programas de melhoramento genético e produção de sementes. A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia já desenvolveu mamoeiros

resistentes para os isolados brasileiros do PRSV-P, mas por questões de biossegurança e direitos de propriedade (patente) dos genótipos, estas cultivares ainda estão sendo avaliadas e não é permitido a utilização comercial das mesmas. Possivelmente, no futuro, essas cultivares transgênicas estarão disponíveis para os produtores e poderão oferecer uma solução mais permanente para o controle do mosaico.

PREMUNIZAÇÃO

A premunização tem por base o princípio da proteção que ocorre entre vírus de plantas, mais especificamente entre estirpes de um mesmo vírus. A proteção pode ser definida como sendo um fenômeno em que uma estirpe do vírus, já estabelecida na hospedeira, impede a infecção e/ou estabelecimento de outras estirpes do mesmo vírus posteriormente inoculadas. Quando a primeira estirpe inoculada é fraca, isto é, não afeta significativamente o desenvolvimento e a produção quantitativa e qualitativa das plantas, a proteção pode ter valor no controle de fitoviroses.

No Brasil, a premunização já foi investigada para o controle do mosaico do mamoeiro e teve início na década de 1980. Foram selecionadas algumas estirpes fracas protetoras do vírus que se mantiveram estáveis por um período de aproximadamente 6 a 8 meses após a inoculação. Depois disso os mamoeiros premunizados exibiram sintomas severos da doença. Como essas alterações ocorreram de maneira sincronizada para a maioria das plantas, elas foram

interpretadas como alterações das estirpes fracas e não quebra de proteção (REZENDE, 1987). Mais recentemente foram identificadas formas fracas do PRSV-P em pomares de mamoeiro no Estado do Espírito Santo, aparentemente resultantes da constante erradicação de mamoeiros com mosaico nos últimos 25 anos. Estudos para avaliar a estabilidade e efeito protetor de alguns isolados coletados no Estado estão em andamento para verificar o potencial para premunização (REZENDE et al., 2007). Há, no entanto, ainda algumas razões para o uso limitado da premunização para o controle de fitovirose:

- a) possibilidade de quebra da proteção oferecida pela estirpe fraca inoculada nas plantas;
- b) possibilidade de aparecimento de mutações na estirpe fraca, que podem originar estirpes semelhantes ou mais severas do que as encontradas em campo;
- c) a estirpe fraca, presente em inúmeras plantas, poderá originar doença de importância econômica em outra(s) espécie(s) cultivada(s);
- d) a estirpe fraca poderá originar reação sinérgica, caso as plantas premunizadas sejam infectadas por outro(s) vírus.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BARBOSA, F. R.; PAGUIO, O. R. Vírus da mancha anelar do mamoeiro: incidência e efeito na produção do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Fitopatologia Brasileira**, n.7, n.1, p.365-373, 1982.

COSTA, H.; VENTURA, J. A.; TATAGIBA, J. S. **Mosaico do mamoeiro**: Uma ameaça à cultura no Espírito Santo. Vitória: INCAPER, 2000. 4p. (Documentos n. 69).

COSMI, F. C.; JESUS JUNIOR, W. C.; VENTURA, J. A.; COSTA, H.; MARTINS, D. dos S.; MORAES, W. B.; FERREGUETTI, G. A. Dinâmica temporal do mosaico do mamoeiro no Norte do Espírito Santo. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da **Papaya Brasil**: manejo, qualidade e mercado. Vitória: Incaper, 2007. p.454-456.

CULIK, M. P.; MARTINS, D. dos S.; VENTURA, J. A. **Índice de artrópodes pragas do mamoeiro** (*Carica papaya*, L.). Vitória: Incaper, 2003. 48 p. (Documento, 121)

GONSALVES, D. Control of papaya ringspot virus in papaya: A case study. **Annual Review Phytopathology**, v.36, p.415-437. 1998.

LIMA, R. C. A., LIMA, J. A. A.; LEAL, C. R. S. Presença de três vírus distintos em pomares irrigados de mamoeiro da Chapada do Apodi, Ceará. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, p.522. 2001. (Resumo).

MARQUES JÚNIOR, L. Campanhas de erradicação das doenças do mamoeiro. In: CURSO SOBRE O CERTIFICADO FITOSSANITÁRIO DE ORIGEM, 2, 1999, Vitória-ES: IDAF/SEEA. **Palestras**. Vitória: IDAF/SEEA, 1999, p. 66-67.

MORETTI, E. R.; MOREIRA, A. G.; VENTURA, J. A.; COSTA, H.; RODRIGUES, C. H.; REZENDE, J. A. M. Stability and protection of three mild strains of Papaya ringspot virus - type P, from Espírito Santo State, under greenhouse condition. In: NATIONAL MEETING OF VIROLOGY, 18, Búzios: Sociedade Brasileira de Virologia. **Virus Reviews & Research...** Rio de Janeiro : Sociedade

Brasileira de Virologia, 2007. v. 12. p. 240-240.

REZENDE, J. A. M. Estratégia de premunização no controle de víruses em Fruteiras, hortaliças e ornamentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20, Vitória-ES:SBF, 2008. **Anais...** Vitória-ES: SBF/Incaper, 2008, 13 p.

REZENDE, J. A. M., COSTA, A. S. Intensificação dos sintomas dificulta o controle do mosaico do mamoeiro por premunização. **Fitopatologia Brasileira**, v.12, p.100-101, 1987.

REZENDE, J. A. M., MOREIRA, A. G., MORETTI, E. R., VENTURA, J. A., COSTA, H., MARTINS, M. V. V., RODRIGUES, C. H. Roguing para o controle do mosaico do mamoeiro no Estado do Espírito Santo: um caso de sucesso e perspectivas In: **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão** ed. Vitória : Incaper, 2007, v.1, p. 103-111.

SOUZAJR., M. T. Mamão transgênico: uso da engenharia genética para obter resistência ao vírus da mancha anelar. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.2, n.3, p.132-137, 2000.

TENNANT, P. F.; GONSALVES, C.; LING, K. S.; FITCH, M. M. M.; MANSHARDT, R.; SLINGHTOM, J. L.; GONSALVES, D. Differential protection against papaya ringspot virus isolates in coat protein gene transgenic papaya and classically cross-protected papaya. **Phytopathology**, v.84, n.11, p.1359-1366, 1994.

VENTURA, J. A.; COSTA, H. Epidemias de víruses do mamoeiro. In: Workshop de Epidemiologia, 2, Campos do Jordão-SP: USP/ESALQ, 2007. **Palestras...** Campos do Jordão-SP: USP/ESALQ, 2007. p.58-64.

VENTURA, J. A.; COSTA, H. Manejo integrado das doenças de fruteiras tropicais: abacaxi, banana e mamão. In: ZAMBOLIM, Laercio. (Org.). **Manejo integrado de doenças e pragas: fruteiras tropicais**. Viçosa-MG, 2002, p.279-352.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S. Manejo das doenças do mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da (eds.).

A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória: Incaper, 2003. p.231-308.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S. Papaya diseases and integrated control. In: Naqvi, S.A.M.H (ed.) **Diseases of fruits and vegetables: diagnosis and management.** London: Klumer Academic Publishers. 2004. p.201-268.

YEH, S.D., JAN, F.J., CHIANG, C.H., DOONG, T.J., CHEN, M.C., CHUNG, P.H. & BAU, H.J. Complete nucleotide sequence and genetic organization of papaya ringspot virus RNA. **Journal of General Virology**, v.73, p.2531-2541, 1992.