

MOSAICO DOURADO

Josias C. de Faria¹

INTRODUÇÃO

Várias doenças transmitidas pela mosca branca (*Bemisia tabaci* Genn.), cujos agentes etiológicos são vírus do grupo geminivírus, foram estudadas primeiramente por A.S. Costa, nos anos 50 e no começo dos anos 60, no Brasil (Costa, 1955, 1965, 1975). Dentre essas doenças foi descrito o mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), incitado pelo vírus do mosaico dourado (VMDF). A sua importância para a cultura tornou-se evidente por volta de 1972, quando ocorreram epidemias da virose em feijoeiros cultivados nos plantios da seca, no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, causando perdas severas de rendimento (Costa, 1975). O autor associou essas epifitotias aos surtos de moscas brancas, as quais se reproduziam nas grandes extensões de lavouras de soja e, no final do ciclo vegetativo dessa cultura, provavelmente migrariam para os feijoeiros novos da safra da seca. Outra virose observada em feijoeiro e também em *Sida* sp. foi o mosaico anão, atribuído ao vírus do mosaico do Abutilon, que foi parcialmente caracterizado por Kitajima & Costa, citados por Costa (1975). Sabe-se, hoje, que o mosaico anão do feijoeiro é causado por um geminivírus diferente daquele do Abutilon (Hidayat et al., 1993).

Atualmente, o mosaico dourado é encontrado em praticamente todas as regiões brasileiras onde se cultiva o feijoeiro. O dano causado é proporcional à incidência e à época de ocorrência da doença.

¹ Pesquisador, Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, 74001-970 Goiânia, GO.

De acordo com Fazio (1985), se as condições ecológicas forem favoráveis, a incidência de mosaico dourado pode atingir 100% das plantações, causando quase 100% de perda no rendimento. Isso ocorreu no norte do Paraná e regiões limítrofes com o Estado de São Paulo, tornando-se fator limitante para o cultivo do feijoeiro da safra da seca nessas áreas, anteriormente grandes produtoras de feijão.

Perdas causadas pelo mosaico dourado foram estimadas sob condições naturais de infecção e em casa de vegetação. Costa & Cupertino (1976) inocularam plantas da cultivar Rico 23, aos 15 e 30 dias após o semeio, sob condições de casa de vegetação, encontrando reduções no rendimento de 85% e 48%, respectivamente. A virose afetou negativamente o tamanho das sementes, o número de sementes por vagem, o comprimento das vagens e a altura das plantas, além de ter prolongado o ciclo da cultura. Menten et al. (1980) avaliaram as perdas de rendimento, em condições de campo, para a cultivar Carioca, no Estado de São Paulo, tomando por base plantas com ou sem sintomas de mosaico dourado, no estágio de floração. Além das perdas de 64% e 71%, quando se consideraram grãos ou sementes, respectivamente, houve também efeito negativo sobre os parâmetros velocidade de emergência das plântulas derivadas dessas sementes, comprimento do hipocótilo, altura da plântula e presença de microorganismos aderidos às sementes, relacionados à sua qualidade. Ainda no Estado de São Paulo, Almeida et al. (1984), utilizando 12 cultivares, observaram reduções de rendimentos de 25% a 72% em plantas com infecções tardia e precoce, respectivamente. No Estado de Goiás, Rocha & Sartorato (1980) e Faria & Zimmermann (1988) detectaram perdas de, respectivamente, 100% e 88% na produção, sob alta incidência de VMDF.

PROPRIEDADES FÍSICAS

A comprovação definitiva de que o mosaico dourado do feijoeiro, no Brasil, era causado por um vírus foi obtida por Kitajima & Costa (1974), que observaram, ao microscópio eletrônico, partículas geminadas,

em seções ultra-finas de folhas de feijoeiro infectadas pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). Partículas com morfologia semelhante foram observadas, no Brasil, por Matys et al. (1976), em preparações purificadas dos vírus do mosaico dourado do tomateiro (VMDT), do mosaico da eufórbia (VME) e mosaico dourado do feijoeiro, e na Colômbia, El Salvador, República Dominicana, Guatemala e México, por Gálvez et al. (1977). No Brasil, o VMDF parcialmente purificado não foi infectivo, enquanto o VMDT e o VME o foram. As dificuldades de purificação do VMDF e dos geminivírus em geral podem decorrer da sua baixa concentração no hospedeiro e da limitação ao floema em plantas intactas (Fazio, 1985). Entretanto, pode infectar, *in vitro*, células individuais (protoplastos) do mesófilo (Haber et al., 1981).

Uma virose em feijoeiro, com sintomas semelhantes ao do VMDF, e denominada com o mesmo nome, foi descrita em países da América Central, Caribe e da América do Sul. A grande diferença entre esta virose e o VMDF foi a fácil transmissibilidade mecânica do seu agente causal para algumas cultivares de feijoeiro, como o Topcrop, muito utilizado experimentalmente (Meiners et al., 1975). A purificação e caracterização do vírus encontrado em feijoeiros, na Guatemala, foi realizada por Gálvez & Castaño (1976), tendo revelado tratar-se de um geminivírus, uma vez que observaram partículas icosaédricas unidas em pares. Esta parece ter sido a primeira purificação do vírus a partir de feijoeiro (Goodman & Bird, 1978). A seguir, um isolado proveniente de Porto Rico foi purificado por Goodman et al. (1977). Morales & Niessen (1988) também purificaram um isolado de VMDF da Guatemala, da localidade de Monjas, para o qual produziram um antissoro específico.

O nome geminivírus - do latim *gemi*, "gêmeo" - foi dado a um grupo de vírus de plantas, com base na morfologia - partículas unidas aos pares (geminadas e achatadas nos seus pontos de união), medindo cerca de 32 x 19 nm - propriedades físico-químicas (tais como molécula circular de DNA de uma só fita) e transmissão por cigarrinhas ou por moscas brancas (Harrison et al., 1977; Matthews, 1979). Presentemente, os geminivírus descritos em feijoeiro são todos transmitidos por mosca

branca e possuem o genoma dividido em dois componentes, chamados de A e B. O DNA encapsidado na partícula viral é de fita simples; porém, a forma de fita dupla, intermediária replicativa dos geminivírus, é abundante em tecidos de plantas infectadas.

O ponto de inativação térmica do vírus purificado é de 50 a 55°C, ponto final de diluição de 10^{-1} a 10^{-2} , e longevidade, *in vitro*, de 48 horas, à temperatura ambiente (Gálvez & Castaño, 1976). Goodman (1977a, 1977b), Goodman & Bird (1978) e Goodman et al. (1977, 1980) determinaram: o coeficiente de sedimentação de 69 S, a massa da partícula de $2,6 \times 10^6$ daltons, a absorvância a 260 nm de 7,7 e a relação A260/280 de 1,4. Durante a centrifugação, em gradiente de densidade de Cs_2SO_4 , a banda viral localizou-se na densidade de $1,31 \text{ g/cm}^3$, e estimou-se que as partículas contêm 20% de DNA e 80% de proteína, em peso.

Baseado em dados da seqüência completa do DNA do VMDF do Brasil, isolado de Goiânia (GO), o componente A possui 2617 e o componente B 2580 nucleotídios. A seqüência codificante da capa protéica conduz à dedução de uma proteína capsidial com peso molecular de 29,128 Da (Gilbertson et al., 1993; Faria et al., 1994). O componente A codifica quatro genes, denominados de AV1, AC1, AC2 e AC3, e o componente B, dois genes, denominados de BV1 e BC1.

Além dos isolados de VMDF de Porto Rico e do Brasil (Gilbertson et al., 1993), foram clonados e sequenciados, isolados do VMDF da Guatemala e da República Dominicana (Faria et al., 1994). O VMDF do Brasil foi denominado de tipo I, baseado na antiguidade de descrição da doença, e aqueles de Porto Rico, Guatemala e República Dominicana foram denominados de tipo II. Os dois tipos apresentam cerca de 70% de homologia quanto à seqüência do DNA, não formam pseudo-recombinantes e apenas o tipo II é transmissível mecanicamente (Faria et al., 1994). Acredita-se que os tipos I e II do VMDF originaram-se de geminivírus indígenas, em plantas nativas da América do Sul e América Central/Caribe. A evolução paralela desses dois tipos de geminivírus é consistente com a ausência significativa de movimento à longa distância

do VMDF (Costa, 1975) e com o desenvolvimento independente de epifitotias do VMDF em áreas geograficamente distantes (Gálvez & Morales, 1989). Ainda de acordo com esse tipo de pensamento, o VMDF do Brasil e o vírus do mosaico dourado do tomateiro (VMDT) são provenientes de um ancestral comum, da América do Sul, o que é comprovado pela sua maior proximidade filogenética ao VMDT do que aos isolados de VMDF tipo II (Gilbertson et al., 1993).

SINTOMATOLOGIA

De acordo com Costa (1972), os sintomas iniciais da doença são “manchas douradas ou amarelo das nervuras, no crescimento novo ou parcialmente desenvolvido de plantas com três a quatro folhas trifolioladas”. Há pouca redução de tamanho das plantas ou das folhas em algumas variedades, enquanto outras apresentam sintomas severos. As vagens podem desenvolver-se normalmente ou mostrar manchas douradas. Uma descrição mais recente da doença caracteriza-a de forma mais severa: “os sintomas de VMDF podem aparecer nas primeiras folhas trifolioladas cerca de 14 dias após o semeio, e induz, caracteristicamente, amarelecimento foliar intenso (Foto 33), severa deformação das vagens e nanismo das plantas, em variedades suscetíveis, dependendo da época de infecção” (Gálvez & Morales, 1989). Outros sintomas podem aparecer, como a perda da dominância apical e conseqüente ocorrência de superbrotamento, retardamento da senescência foliar, rugosidade e distorção do limbo foliar, que pode tornar-se quase todo esbranquiçado. Algumas cultivares apresentam remissão parcial de sintomas em estágios tardios de crescimento. As vagens podem ser deformadas, com sementes descoloridas e reduzidas de tamanho, peso e qualidade.

Utilizando microscopia eletrônica, o trabalho de Kitajima & Costa (1974), em tecido de feijoeiro infectado, indicou que o principal sintoma, a nível celular, foi a mudança da morfologia dos cloroplastos, especialmente no sistema lamelar. Em seguida, Kim et al. (1978) observaram que os sintomas são limitados aos tecidos do floema e células

adjacentes ao parênquima. Ocorre um aumento de tamanho do nucléolo que, depois, condensa em regiões granulares ou fibrilares (Christie et al., 1986). O material fibrilar, mais tarde, toma forma de anéis, de tamanho e número variados por núcleo, e, finalmente, partículas virais apareceram no núcleo. Arranjos de cristais hexagonais (agregados cristalinos) ou agregados menos densos (agregados ao acaso), semelhantes a partículas virais, foram vistos no núcleo de células infectadas. Anéis fibrilares também foram descritos para outros geminivírus (Kim & Flores, 1979).

EPIDEMIOLOGIA - TRANSMISSÃO

O VMDF do Brasil não é mecanicamente transmitido entre plantas de feijoeiro comum ou de outras espécies (Matys et al., 1976; Figueira, 1980). Entretanto, os isolados de VMDF da América Central, Caribe e Flórida são transmitidos por métodos mecânicos, desde que as temperaturas sejam ao redor de 30°C, uma vez que a taxa de sucesso foi de apenas 30% entre 24 e 28°C, e nenhuma transmissão ocorreu abaixo de 21°C (Meiners et al., 1975). Para estudos de transmissão mecânica, Morales & Niessen (1988) utilizaram casa de vegetação a 27°C, inóculo preparado a partir de planta inoculada com 12 a 20 dias de antecedência, extração a frio em tampão de fosfato 0,1 M, com pH 7,5. A taxa de transmissão decresceu com o aumento da idade das plantas no momento da inoculação, chegando a zero, após 11 dias de idade. O vírus pode ser facilmente transmitido por enxertia (Fazio, 1985). O VMDF não é transmissível via semente, de acordo com testes realizados por Costa (1965), nas progênies de 350 plantas infectadas.

Na natureza, o VMDF é transmitido pelo seu vetor, a mosca branca (*Bemisia tabaci* Gennadius), também conhecida como mosca branca da batata-doce. Dentre mais de 1.100 espécies de moscas brancas caracterizadas, três são reconhecidas como vetores de viroses vegetais, sendo *B. tabaci* o único vetor conhecido de geminivírus (Brown & Bird, 1992). É um inseto da ordem Homoptera, família Aleyrodidae, polífago,

com pelo menos 506 espécies hospedeiras em 74 famílias, entre monocotiledôneas e dicotiledôneas, de países com climas tropicais, subtropicais e mesmo temperados (Muniyappa, 1980; Butler & Henneberry, 1985). Há relatos de especialização, adaptação ou preferência por um ou alguns hospedeiros, definidos pela capacidade da população de colonizar somente uma dada espécie. Este tipo de especialização em hospedeiro tem sido observado principalmente nos casos em que os insetos foram criados e mantidos continuamente em uma espécie de planta sob condições laboratoriais. Flores & Silberschmidt (1958) e Russel (1975), citados por Muniyappa (1980), atribuem essas variações à existência de biótipos ecológicos, equivalentes ao que Bird & Sánchez (1971) consideraram como raças, tais como *B. tabaci* raça *jatrophae* e raça *sidae*. Bird & Marmorosh (1978) definiram “raça” como uma população de *B. tabaci*, distinta de outra população, com base na capacidade de colonizar certos hospedeiros. Ele sugeriu que as populações que evoluíram no hemisfério oriental seriam distintas daquelas do hemisfério ocidental, fundamentado na contínua associação com plantas hospedeiras dos respectivos ambientes. Como consequência, os geminivírus transmitidos por moscas brancas teriam evoluído em linhas distintas, após isolamento de uma associação restrita com uma espécie vegetal em particular, definida pela adaptação da população ao ambiente do mundo oriental ou ocidental. Assim, a co-evolução dos geminivírus com seus hospedeiros seria ditada, primariamente, pela interação hospedeiro-vetor, e não pela interação hospedeiro-vírus, que seria mais lógica. Não há dados experimentais para substanciar essa hipótese. Campbell, citado por De Quattro (1992), ao comparar biótipos de moscas brancas para algumas seqüências de DNA, encontrou homologias de 99,8% entre fragmentos de até 1.000 nucleotídios sequenciados e afirmou que tais seqüências parecem muito semelhantes para que os insetos sejam diferentes.

O inseto pode transmitir mais de uma virose ao mesmo tempo, podendo adquirir o vírus da planta hospedeira também no estágio de

pupa (Fazio, 1985). Pode produzir até 15 gerações por ano, em uma ou mais espécies hospedeiras. Cada fêmea pode pôr de 130 a 300 ovos, em média, durante o seu ciclo de vida (Nene, 1975, citado por Gálvez & Morales, 1989).

A taxonomia e classificação da mosca branca é complexa porque os adultos de muitas espécies têm morfologias extremamente semelhantes. O quarto instar de desenvolvimento do inseto (denominado de pupa) é usado para o propósito de identificação (Gerling, 1990).

De acordo com Costa (1976b), o vetor adquire o vírus após um período mínimo de alimentação de 10 a 15 minutos em planta teste e o retém por até 21 dias. Outros autores têm indicado períodos mínimos de aquisição de cinco minutos, seguido por um período curto, mas necessário, de incubação (Bird et al., 1972; Gámez, 1971). A necessidade de um período de incubação de 20 a 21 horas no vetor foi constatada para a maioria dos casos de doenças transmitidas por mosca branca, razão por que são considerados vírus circulativos. Gámez (1971) relatou que, ocasionalmente, os insetos perdem a sua capacidade de transmissão da virose. Foi observado, também, que a eficiência de inoculação melhorou com o aumento da população por planta a ser infectada. Costa (1976b) analisou o efeito do sexo sobre a capacidade de transmitir o VMDF a diferentes espécies e concluiu que as fêmeas foram mais eficientes que os machos como vetores a *P. vulgaris*, *P. acutifolius* e *P. polystachios*. Entretanto, os machos foram mais eficientes para *P. lunatus* e *Macroptilium longepedunculatum*.

Como não foi constatada a transmissão do VMDF por sementes de feijoeiro ou de fava, tornou-se importante a análise de possíveis hospedeiros entre as espécies cultivadas e silvestres, em especial leguminosas. Costa (1976a) relatou como hospedeiros apenas *P. lunatus*, *P. acutifolius*, *P. longepedunculatus*, *P. polystachios* e *Macroptilium lathyroides*, informando que são espécies bastante suscetíveis e delas o vetor adquire o vírus facilmente. Maxwell e colaboradores analisaram plantas coletadas na Costa Rica (feijoeiro, tomateiro, *Euphorbia* sp., *Sida* sp., melão, *Calopogonium* sp., *Rhynchosia* sp., *Malva* sp., além de

uma leguminosa não identificada); na República Dominicana (*Rhynchosia minima*, *Croton lobatus*, *Jatropha*, *Sida*, *Urena lobata*, *Bastardia bivalvis* e *Euphorbia heterophylla*); e em Porto Rico (*Macroptilium lathyroides*, de duas localidades). Usando técnicas de PCR (“polymerase chain reaction”), sequenciamento de DNA e hibridização com sondas preparadas a partir do VMDF tipos I e II, encontraram VMDF apenas em feijoeiro. Assim, as informações de que *Macroptilium lathyroides* e *Euphorbia pulcherrima* (poinsetias) são hospedeiros naturais de VMDF naqueles países não foram confirmadas nesses estudos (Maxwell et al., relatórios não publicados).

Costa (1975) correlacionou a expansão das lavouras de soja com o aumento populacional de moscas brancas e, conseqüentemente, à maior incidência de VMDF em feijoeiros e de mosaico do algodoeiro em plantios tardios. Ainda, Costa (1975) indicou que, além de ser hospedeira da mosca branca, a cultivar Santa Rosa era hospedeira do vírus. Faria et al. (1990) observaram que nove cultivares americanas de soja, muitas das quais progenitoras de cultivares brasileiras, podem ser artificialmente inoculadas e apresentam sintomas típicos de mosaico dourado. Plantações de fumo, tomateiro e algodoeiro são tidas como responsáveis por altas populações de moscas brancas em alguns países (Gálvez & Morales, 1989).

Altas temperaturas aceleram os estágios de desenvolvimento de *Bemisia tabaci*, aumentando as densidades populacionais mais rapidamente. A disseminação da doença, entretanto, pode ser mais dependente da migração e da existência de reservatórios do vírus do que da temperatura propriamente dita. Portanto, a migração do vetor explicaria a grande ocorrência de mosaico dourado em plantios de feijão da seca, quando as temperaturas médias são menores do que aquelas da época de semeio do feijoeiro das “águas” (Costa, 1975).

A disseminação do VMDF pelas altas populações de moscas brancas é favorecida pelos semeios escalonados de feijoeiros sob pivôs centrais, em certas regiões produtoras do País. Nessas condições ocorre a migração dos insetos para os primeiros plantios de feijoeiro e, daí, sucessivamente aos mais novos.

PRESERVAÇÃO, INOCULAÇÃO E AVALIAÇÃO

No caso de o vírus ser mecanicamente transmissível (VMDF tipo II), é possível armazená-lo por certos períodos de tempo, em folíolos de feijão coletados após 12 a 20 dias da inoculação, dissecados e guardados em refrigerador (Morales, informações pessoais). Também é possível armazenar folíolos, semelhantes ao acima, em congelador tipo "deep-freezer", à temperatura de -70 a -80°C, por período indeterminado. Nos casos em que o vírus foi clonado, tanto na forma de plasmídeo purificado, como na de plasmídeo na célula hospedeira (*Escherichia coli*), o período de preservação é praticamente por tempo indeterminado, a -70 a -80°C.

A inoculação mecânica do VMDF, tipo II, é facilmente alcançada, desde que se utilizem as condições necessárias: temperaturas elevadas (28 a 30°C), inóculo extraído em tampão de fosfato 0,1 M, pH 7,5, mantido a frio, cujas fontes foram plantas inoculadas com 12 a 20 dias de antecedência (Morales & Niessen, 1988).

O método natural de inoculação é através do inseto vetor (*Bemisia tabaci*). Pode-se usar de pequenas gaiolas revestidas com tela de malha fina (filó), onde se colocam os insetos para aquisição do vírus de planta com sintomas de VMDF, pelo período de tempo desejado, transferindo-os, a seguir, para a planta a ser inoculada. Para se alcançar maior eficiência de inoculação, recomenda-se o mínimo de 12 moscas brancas por planta a ser inoculada. No Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAPF), a criação e manutenção de uma colônia de insetos virulífera é realizada em soja (*Glycine max*) e feijão fava (*Phaseolus lunatus*) infectados com o VMDF, na proporção aproximada de 60%:40%, respectivamente, de soja para fava. Para a inoculação, as plantas são colocadas com as moscas brancas por 18 a 24 horas. Findo esse período, os insetos são removidos e as plantas pulverizadas com um inseticida sistêmico, para evitar que os ovos depositados sobre elas se desenvolvam em adultos. Feijoeiros com oito a nove dias de idade podem ser inoculados e transplantados a campo, ou mantidos em casa de vegetação para as avaliações da sintomatologia.

São conduzidas avaliações do grau de resistência de germoplasmas de feijoeiro, baseadas nas seguintes reações das plantas: amarelecimento foliar, deformação das plantas (nanismo, brotações múltiplas, etc.) e deformação das vagens. Para cada situação é adotada uma escala de notas que varia de 1, para a completa ausência do sintoma em questão, a 9, para o grau máximo. Morales & Niessen (1988) utilizaram duas letras nas avaliações, sendo a primeira para expressar o tipo de sintoma: O = sem sintoma, M = mosaico, S = nanismo, A = abortamento de flores e V = reação variável (isto é, combinação de O, M, S, e A); e a segunda para expressar a severidade do sintoma: L = suave, I = moderado e H = severo. Embora ambas as escalas possam ser utilizadas, quando se deseja aplicar estatística aos dados é necessário o uso de escala numérica.

Até o momento, não foi encontrada nenhuma espécie no gênero *Phaseolus* imune a isolados do VMDF. A idade da planta na época da inoculação afeta a expressão do sintoma, que é mais suave no caso de inoculações mais tardias e mais severo nas inoculações feitas no estágio de plântulas. Morales & Niessen (1988), utilizando inoculação mecânica, não conseguiram infecção de plantas com mais de 10 dias de idade.

CONTROLE

Nenhuma estratégia de controle, quando utilizada isoladamente, tem demonstrado ser efetiva para as doenças causadas por geminivírus. O controle químico das moscas brancas é de difícil consecução, devido à constante migração de grandes populações do inseto de lavouras mais velhas para as mais novas, e também devido à possibilidade de se tornarem resistentes aos inseticidas (Harrison, 1985; Gerling, 1990). No caso do VMDF, o início das epifitotias depende da entrada de insetos virulíferos, pois não há transmissão pelas sementes. As medidas de controle deverão visar à eliminação ou à redução das fontes do vírus, da população de inseto vetor existente e, finalmente, alterar o nível de suscetibilidade da cultura. O controle biológico do inseto vetor não se constitui em medida econômica nem prática, no presente.

CONTROLE CULTURAL

. **Hospedeiros alternativos** - A eliminação de hospedeiros alternativos, que funcionam como reservatórios de vírus, é uma medida de controle geralmente citada para viroses. Entretanto, apenas *Phaseolus* sp. e soja (*Glycine max*) podem ser citados como hospedeiros do VMDF no Brasil, em condições naturais. A eliminação do feijão de lima ou fava, de cercas e fundos de quintais, em áreas próximas daquelas onde o feijoeiro será cultivado, pode reduzir a fonte de inóculo para a soja e, no futuro, para o feijoeiro. Costa (1972) preconizou a eliminação de feijão fava (*Phaseolus lunatus*) de campos próximos ao feijoeiro, recomendando uma distância de, pelo menos, 500 m de possíveis fontes de inóculo. Foi verificado que as moscas brancas atingiam facilmente feijoeiros localizados de 100 a 150 m de um viveiro de fava com mosaico dourado, enquanto o que estava a 1000 m não foi afetado pela virose.

. **Eliminação de hospedeiros do vetor** - Culturas como soja, tomate e algodão, entre outras, que servem como criatórios do inseto vetor em larga escala, devem ser eliminadas com tempo suficiente para decrescer a população de mosca branca antes de semear o feijoeiro de inverno.

. **Época de plantio** - Executar o semeio em períodos menos favoráveis ao inseto vetor e com fontes de inóculo mais escassas. Dados de Rocha & Sartorato (1980) indicam, para o sudoeste de Goiás, que a antecipação do semeio para a primeira quinzena de janeiro possibilitaria a redução de perdas de rendimento devido ao mosaico dourado. Atualmente, se houver grandes riscos de epifitotias da doença, baseado na sua história de ocorrência, não se recomenda o semeio do feijão da seca.

CONTROLE QUÍMICO

O uso de quimioterápicos antivirais foi tentado em diversas situações, sem, contudo, obter sucesso (Fazio, 1985). A aplicação de inseticidas para o controle de moscas brancas pode ser efetiva em circunstâncias em que a migração de insetos para a área de cultivo não

for importante. Inseticidas sistêmicos, como o carbofuran e o aldicarb, resultam em sensível redução da população de moscas brancas, se aplicados no plantio (Faria & Zimmermann, 1988; Gálvez & Morales, 1989). O uso de monocrotofós, em concentrações de 0,15 a 0,20%, em três a cinco pulverizações, também foi avaliado, tendo mostrado resultado satisfatório. Desde que registrados para o uso em feijoeiro, e efetivos no controle da mosca branca, outros defensivos poderão ser utilizados. Substâncias como o bórax não têm efeito direto sobre os insetos ou o VMDF (M. Yokoyama, informações pessoais).

CONTROLE GENÉTICO

Técnicas de melhoramento utilizando a genética clássica vêm sendo empregadas no desenvolvimento de cultivares mais resistentes, desde meados da década de 70. Mais recentemente, vários laboratórios estão investigando o uso de técnicas de engenharia genética do feijoeiro, utilizando genes do próprio vírus, analisando estratégias como a proteção mediada pela capa protéica, uso de mutantes do gene da polimerase (Universidade de Wisconsin), uso dos antissensos dos genes da polimerase e de uma das proteínas de movimento do vírus (CNPAF e Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN, da EMBRAPA). A incorporação de ambos os tipos de resistência, a clássica e a do tipo introduzido por engenharia genética, poderá resultar em redução das perdas de rendimento causadas atualmente pela doença.

Trabalhos realizados por Tulmann Neto et al. (1977), citados por Fazio (1985), visando a obtenção de resistência na cultivar Carioca, através de mutações induzidas por radiações gama ou EMS (ethyl methane sulfonate a 0,48%, por seis horas a 20°C, como agente químico mutagênico), resultaram em várias linhagens, entre as quais a TMD-1, com menor expressão de sintomas de VMDF. Entretanto, este genótipo apresentava baixo rendimento. Pompeu & Kranz (1977) desenvolveram genótipos feijoeiro que apresentaram menores perdas de rendimento pela virose, acreditando tratar-se de tolerância ao VMDF, tais como,

Aeté 1/37, Aeté 1/38 e Aeté 1/40 (tipo bico de ouro), Rosinha G2/69 e Preto 143/106. Contudo, a tolerância dessas cultivares não foi confirmada sob altas incidências precoces de VMDF. Trabalhos desenvolvidos pelo CNPAF levaram à recomendação da cultivar Ônix, com grãos de cor preta e produtividades de cerca de 1.500 kg/ha, sob moderada incidência precoce de VMDF, para o cultivo no semeio da seca, em algumas regiões do Brasil. No Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), foram desenvolvidas algumas cultivares apresentando expressão reduzida de mosaico e de deformação das vagens (Bianchini, 1993), como a IAPAR 57, que atinge 1.750 kg/ha, e a IAPAR MD 820, com rendimento de 1.909 kg/ha, sob alta incidência de VMDF. Novas linhagens, com tipos comerciais de grãos carioca e mulatinho, em fase final de avaliação no CNPAF, apresentam ligeira redução de sintomas nas folhas e vagens e baixa redução da produtividade, mesmo quando infectadas precocemente.

A herança de resistência ao VMDF vem sendo objeto de vários estudos em relação a sintomas específicos induzidos pelo mosaico dourado. Blair & Beaver (1993) estudaram o caráter “sintomas atenuados”, apresentado pelo genótipo A 429, e concluíram que o controle genético seria monogênico recessivo, sendo a suscetibilidade completamente dominante no cruzamento com genótipo suscetível. Quando A 429 foi cruzada com genótipo de reação intermediária, obtiveram a relação 9:3:4 de suscetível:intermediário:resistente, indicando modelo de dois genes com epistasia recessiva. Esses resultados sugerem que o caráter estudado poderia ser transferido por simples retrocruzamento, uma técnica não usada pelos pesquisadores que trabalham com resistência ao mosaico dourado. Blair et al. (1993) estudaram a herança do caráter “nanismo”, associado com a resposta de DOR 303 à inoculação com o VMDF, no estágio de plântula. A segregação, em F_2 , entre 10 e 15 dias após a inoculação (DAI) foi de 3:1, clorose:nanismo, indicando um gene recessivo; aos 20 DAI, algumas das plantas com nanismo desenvolveram ramos laterais cloróticos (remissão do nanismo), com uma relação de 12:3:1 (clorose:remissão

do nanismo:nanismo), o que evidencia um segundo gene, não ligado ao primeiro, e também recessivo; e aos 25 DAI, o caráter “remissão do nanismo” tornou-se indistinto da clorose inicial, obtendo-se a relação 15:1 (clorose:nanismo). Esses estudos necessitam de confirmação, pois tornariam a obtenção de cultivares com resistência ao mosaico dourado simples e rápida, o que não foi possível até o momento.

SUGESTÕES PARA O CONTROLE INTEGRADO

Seria ideal combinar o controle químico a outras medidas, como as práticas culturais e cultivares moderadamente resistentes, para a obtenção de proteção a níveis econômicos. Isto poderia ser conseguido com a antecipação do semeio do feijão das secas para a primeira quinzena de janeiro, a associação de um inseticida sistêmico como tratamento de sementes e o uso de uma cultivar mais tolerante, se possível. No caso de lavouras da terceira época (feijão de inverno), deve-se retardar o semeio do feijão até terminar toda a colheita de soja das vizinhanças, dar um intervalo para que a população do vetor diminua e eliminar plantas voluntárias de soja. Deve-se evitar o escalonamento de plantio. O uso de pulverização com inseticidas poderá ser adotado, com consulta a técnicos credenciados.

LITERATURA CITADA

ALMEIDA, L.; PEREIRA, J.; RONZELLI, P.; COSTA, A. S. Avaliação de perdas causadas pelo mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.9, p.213-219, 1984.

BIANCHINI, A. Controle do mosaico dourado do feijoeiro no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1993. Resumo 181.

- BIRD, J.; MARAMOROSH, K. Virus and virus diseases associated with whiteflies. **Advances in Virus Research**, San Diego, v.22, p.55-110, 1978.
- BIRD, J.; PÉREZ, J.E.; ALCONERO, R.; VAKILI, N.G.; MELÉNDEZ, P.L. A whitefly-transmitted golden-yellow mosaic virus of *Phaseolus lunatus* in Puerto Rico. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v.56, n.1, p.64-74, 1972.
- BIRD, J.; SÁNCHEZ, J. Whitefly-transmitted viruses in Puerto Rico. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v.55, p.461-467, 1971.
- BLAIR, M.W.; BEAVER, J.S. Inheritance of bean golden mosaic virus resistance from bean genotype A 429. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.36, p.143, 1993.
- BLAIR, M.W.; BEAVER, J.S.; ADAMS, C. Inheritance of the dwarfing response to bean golden mosaic virus infection in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.36, p.144-145, 1993.
- BROWN, J.K.; BIRD, J. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. **Plant Disease**, St. Paul, v.76, p.220-225, 1992.
- BUTLER, G.D.; HENNEBERRY, T. *Bemisia tabaci* (Genn.), a pest of cotton in the Southwestern United States. Washington: USDA, 1985. 19p. (USDA. Technical Bulletin, 1707).

CHRISTIE, R.G.; KO, N.J.; FALK, B.W.; HIEBERT, E.; LASTRA, R.; BIRD, J.; KIM, K.S. Light microscopy of geminivirus-induced nuclear inclusion bodies. **Phytopathology**, St. Paul, v.76, p.124-126, 1986.

COSTA, A.S. Studies on Abutilon mosaic in Brazil. **Phytopathologische Zeitschrift**, Berlin, v.24, p.97-112, 1955.

COSTA, A.S. Three whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. **FAO Plant Protection Bulletin**, Lanham, v.13, p.121-130, 1965.

COSTA, A.S. Investigações sobre moléstias do feijoeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1., 1971, Campinas. **Anais**. Viçosa: UFV, 1972. v.2, p.303-384.

COSTA, A.S. Increase in the populational density of *Bemisia tabaci*, a threat to widespread virus infection of legume crops in Brazil. In: BIRD, J.; MARAMOROSH, K. (Eds). **Tropical diseases of legumes**. New York: Academic Press, 1975. p.27-49.

COSTA, A.S. Espécies suscetíveis ao mosaico dourado do feijoeiro que podem servir de reservatório do vírus. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.9, p.37, 1976a.

COSTA, A.S. Whitefly-transmitted plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.16, p.429-447, 1976b.

COSTA, C.L.; CUPERTINO, F.P. Avaliação de perdas na produção de feijoeiro causadas pelo vírus do mosaico dourado. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.1, p.18-25, 1976.

DE QUATTRO, J. A pest is a pest... Or is it? **Agricultural Research**, Washington, v.40, p.5, 1992.

FARIA, J.C.; GILBERTSON, R.L.; HANSON, S.F.; AHLQUIST, P.; MAXWELL, D.P. Variabilidade do vírus do mosaico dourado do feijoeiro e uso de sondas para a sua caracterização. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 3., 1990, Vitória. **Resumos**. Vitória: EMCAPA, 1990. Resumo 53. (EMCAPA. Documentos, 62).

FARIA, J.C.; GILBERTSON, R.L.; HANSON, S.F.; MORALES, F.J.; AHLQUIST, P.G.; LONIELLO, A.O.; MAXWELL, D.P. Bean golden mosaic geminivirus type II isolates from the Dominican Republic and Guatemala: nucleotide sequences, infectious pseudorecombinants, and phylogenetic relationships. **Phytopathology**, St. Paul, v.84, p.321-329, 1994.

FARIA, J.C.; ZIMMERMANN, M.J.O. Controle do mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) pela resistência varietal e inseticidas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.13, p.32-35, 1988.

FAZIO, G. O mosaico dourado do feijoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.10, p.35-42, 1985.

FIGUEIRA, A.R. **Estudos realizados com o vírus do mosaico dourado do feijoeiro do Brasil, visando a sua transmissão por métodos mecânicos**. Campinas: UNICAMP, 1980. 60p. Tese Mestrado.

- GÁLVEZ, G.E.; CÁRDENAS, M.J.; COSTA, C.L.; ABREU-RAMIREZ, A. Serología, microscopía electrónica y centrifugación analítica de gradiente de densidade del virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) de aislamientos de América Latina y Africa. **Proceedings of the American Phytopathological Society**, St. Paul, v. 4, p.176-177, 1977.
- GÁLVEZ, G.E.; CASTAÑO, M. Purification of the whitefly-transmitted bean golden mosaic virus. **Turrialba**, San José, v.26, p.205-207, 1976.
- GÁLVEZ, G.E.; MORALES, F.J. Whitefly-transmitted viruses. In: SCHWARTZ, H.F.; PASTOR-CORRALES, M.A. (Eds). **Bean production problems in the tropics**. 2.ed. Cali: CIAT, 1989. p.379-406.
- GÁMEZ, R. Los virus del frijol en Centroamérica. Transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Genn.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. **Turrialba**, San José, v.21, p.22-27, 1971.
- GERLING, D. **Whiteflies**: their binomics, pest status, and management. England: Intercept, 1990. 348p.
- GILBERTSON, R. L.; FARIA, J. C.; AHLQUIST, P. G.; MAXWELL, D. P. Genetic diversity in geminiviruses causing bean golden mosaic disease: the nucleotide sequence of the infectious cloned DNA components of a Brazilian isolate of bean golden mosaic geminivirus. **Phytopathology**, St. Paul, v.83, p.709-715, 1993.
- GOODMAN, R.M. Infectious DNA from a whitefly-transmitted virus of *Phaseolus vulgaris*. **Nature**, London, v.266, p.54-55, 1977a.

- GOODMAN, R.M. Single-stranded DNA genome in a whitefly-transmitted plant virus. **Virology** San Diego, v.83, p.171-179, 1977b.
- GOODMAN, R.M.; BIRD, J. **Bean golden mosaic virus**. Kew: Commonwealth Mycological Institute/AAB, 1978. 4p. (Descriptions of Plant Viruses, 192).
- GOODMAN, R.M.; BIRD, J.; THONGMEARKOM, P. An unusual virus-like particle associated with bean golden mosaic of beans. **Phytopathology**, St. Paul, v.67, p.37-42, 1977.
- GOODMAN, R.M.; SHOCK, T.L.; HABER, S.; BROWNING, K.S.; BOWERS, G.R., Jr. The composition of bean golden mosaic virus and its single stranded DNA genome. **Virology**, San Diego, v.106, p.168-172, 1980.
- HABER, S.; IKEGAMI, M.; BAJET, N.B.; GOODMAN, R.M. Evidence for a divided genome in bean golden mosaic virus, a geminivirus. **Nature**, London, v.289, p.324-326, 1981.
- HARRISON, B.D. Advances in geminivirus research. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.23, p.55-82, 1985.
- HARRISON, B.D.; BARKER, H.; BOCK, K.R.; GUTHRIE, E.J.; MEREDITH, G.; ATKINSON, M. Plant viruses with circular single-stranded DNA. **Nature**, London, v.270, p.760-762, 1977.
- HIDAYAT, S.H.; GILBERTSON, R.L.; HANSON, S.F.; MORALES, F.J.; AHLQUIST, P.; RUSSEL, D.R.; MAXWELL, D.P. Complete nucleotide sequences of the infectious cloned DNAs of bean dwarf mosaic geminivirus. **Phytopathology**, St. Paul, v.83, p.181-187, 1993.

- KIM, K.S.; FLORES, E.M. Nuclear changes associated with Euphorbia mosaic virus transmitted by the whitefly. **Phytopathology**, St. Paul, v.69, p.980-984, 1979.
- KIM, K.S.; SCHOCK, T.L.; GOODMAN, R.M. Infection of *Phaseolus vulgaris* by bean golden mosaic virus: ultrastructural aspects. **Virology**, San Diego, v.89, p.22-33, 1978.
- KITAJIMA, E.W.; COSTA, A.S. Electron microscopy of leaf tissue from plants infected with whitefly-transmitted viruses. **Fitopatologia**, Peru, v.9, p.54-55, 1974.
- MATTHEWS, R.E.F. Classification and nomenclature of viruses. **Intervirology**, Basel, v.12, p.132-296, 1979.
- MATYS, J.C.; SILVA, D.M.; OLIVEIRA, A.R.; COSTA, A.S. Morfologia de três vírus transmitidos por *Bemisia tabaci*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 9., 1976, Campinas. **Resumos**. Campinas: IAC, 1976. Resumo 94.
- MEINERS, J.P.; LAWSON, R.H.; SMITH, F.F.; DÍAZ-CHAVES, A.J. Mechanical transmission of whitefly (*Bemisia tabaci*)-borne disease agents in El Salvador. In: BIRD, J.; MARAMOROSH, K. (Eds). **Tropical disease of legumes**. New York: Academic Press, 1975. p.61-69.
- MENTEN, J.O.M.; TULMANN NETO, A.; ANDO, A. Avaliação de danos causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). **Turrialba**, San José, v.30, p.173-176, 1980.

- MORALES, F.J.; NIESSEN, A.I. Comparative responses of selected *Phaseolus vulgaris* germ plasm inoculated artificially and naturally with bean golden mosaic virus. **Plant Disease**, St. Paul, v.72, p.1020-1023, 1988.
- MUNIYAPPA, V. Whiteflies. In: HARRIS, K.F.; MARAMOROSCH, K.(Eds). **Vector of plant pathogens**. New York: Academic Press, 1980. p.39-85.
- POMPEU, A.S.; KRANZ, W.M. Linhagens de feijoeiro (*P. vulgaris*) resistentes ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v.3, p.162-163, 1977.
- ROCHA, J.A.M.; SARTORATO, A. **Efeito da época de plantio na incidência do mosaico dourado do feijoeiro**. Goiânia: EMGOPA, 1980. 7p. (EMGOPA. Comunicado Técnico, 11).