

Espécies Vegetais Hospedeiras de Begomovírus Isolados de Tomateiro em Goiás e no Distrito Federal

Carmem D. G. Santos¹, Antonio C. D'Ávila², Alice K. Inoue-Nagata² & Renato O. Resende³

¹Departamento de Fitopatologia, Universidade de Brasília, CEP 70910-970, Brasília, DF, e-mail: carmelo@ufc.br;

²EMBRAPA-Hortaliças, Cx. Postal 218, CEP 70359-970, Brasília, DF, e-mails: avila@cnph.embrapa.br;

alicensag@cnph.embrapa.br; ³Departamento de Biologia Celular, Universidade de Brasília, CEP 70910-970, Brasília, DF, e-mail: rresende@unb.br

(Aceito para publicação em 29/03/2004)

Autor para correspondência: Carmem D. G. Santos

SANTOS, C.D.G., ÁVILA, A.C., INOUE-NAGATA, A.K. & RESENDE, R.O. Espécies vegetais hospedeiras de begomovírus isolados de tomateiro em Goiás e no Distrito Federal. *Fitopatologia Brasileira* 29:450-455. 2004.

RESUMO

A determinação da gama de hospedeiros de begomovírus isolados de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) é de elevada importância nos estudos conduzidos com esses patógenos, uma vez que contribui para o entendimento da larga disseminação dos vírus em condições de campo e oferece subsídios para o estudo da variabilidade genética de espécies e estirpes identificadas em diversas regiões do país. Visando a determinação e a comparação da gama de hospedeiros de dois isolados de begomovírus de tomateiro obtidos de lavouras da região de Anápolis-GO (GO-ANPL) e do Distrito Federal (DF-BR2) inocularam-se 31 espécies vegetais pertencentes a oito famílias botânicas, sob duas modalidades de inoculação: mecânica e com a mosca branca, *Bemisia tabaci* biótipo B. Constatou-se que o GO-ANPL e o DF-BR2 infetaram exclusivamente plantas

da família Solanaceae como *Datura stramonium*, *Nicandra physalodes* e *Nicotiana benthamiana*. Para o GO-ANPL, o número de espécies vegetais infetadas com o emprego do inseto vetor foi superior ao obtido pela inoculação mecânica, diferindo dos resultados obtidos para o DF-BR2 em que as plantas hospedeiras foram igualmente infetadas em ambos os métodos de inoculação. A comparação entre as hospedeiras dos dois isolados e destas com as de outros begomovírus de tomateiro da região Nordeste revelaram que há variação tanto nas espécies hospedeiras como na sintomatologia exibida pelas plantas infetadas. Os testes foram todos confirmados com hibridização com sondas moleculares, em "dot blot".

Palavras-chave adicionais: hospedeiros alternativos, transmissão viral, dot blot, *Geminiviridae*.

ABSTRACT

Plant species hosts of begomovirus obtained from tomato in Goiás and Federal District of Brazil

Determination of the begomovirus host range determination in tomato (*Lycopersicon esculentum*) is an important feature in unveiling the genetic variability of species and strains of the virus and how it spreads under field conditions. In order to determine the host range of two begomoviruses isolated from tomato, denoted GO-ANPL and DF-BR2, 31 plant species of eight botanical families were tested via mechanical and vector inoculation. Both isolates only infected

plants of the family Solanaceae as *Datura stramonium*, *Nicandra physalodes* e *Nicotiana benthamiana*. The GO-ANPL isolate infected a higher number of plants when they were inoculated by the insect vector. Results were distinct from those obtained with the DF-BR2 isolate, where both inoculation methods were equally effective. Comparison between these two isolates with other begomoviruses reported in Northeast Brazil revealed different patterns in host range and symptoms. Virus infection was confirmed by dot blot hybridization using specific molecular probes to begomovirus isolates.

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em quase todos os continentes onde é cultivado é infetado por begomovírus, os quais induzem sintoma de mosaico, comumente acompanhado de amarelecimento, enrolamento do limbo foliar e graus variados de nanismo (Harrison, 1985). Esses vírus, pertencentes à família *Geminiviridae*, possuem partículas geminadas, contendo DNA circular de fita simples dividido em dois componentes: o DNA A, que contém os genes relacionados com a replicação viral e a síntese da capa protéica, e o DNA B, que possui os genes associados ao movimento e expressão de sintomas (Timmermans *et al.*, 1994; Brown, 1997).

Os begomovírus têm limitado a produção de tomate em várias regiões do Brasil. Sua incidência no país tem

aumentado, sistematicamente, desde 1994 causando prejuízos em tomateiros em diversas lavouras no Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo, Pernambuco, Bahia e Goiás (Faria *et al.*, 2000). Mais recentemente, begomovírus foram detectados na Serra da Ibiapaba, principal região produtora de tomate do Ceará (Lima *et al.*, 1999, 2000). A disseminação desses vírus está associada à introdução e dispersão da mosca branca, *Bemisia tabaci* Gennadius biótipo B (= *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) (Faria *et al.*, 2000). Os vírus do gênero *Begomovirus*, infetam dicotiledôneas e além da transmissão pelo vetor, são os únicos vírus da família *Geminiviridae* cujas espécies, com algumas exceções, são transmitidas mecanicamente, o que reflete sua habilidade de infetar células da epiderme, além das células do córtex e do mesófilo foliar

(Timmermans *et al.*, 1994).

A determinação da gama de hospedeiros e a sintomatologia exibida por plantas infetadas, são parte da caracterização biológica que contribui para a distinção de espécies e estirpes de diversos gêneros de vírus. Diferenças na gama de hospedeiros e no desenvolvimento de sintomas induzidos por estirpes de begomovírus geneticamente relacionadas, aspectos já constatados para o *Squash leaf curl virus* (SqLCV) e o *Tomato golden mosaic virus* (TGMV) têm sido relacionadas às alterações encontradas nas regiões genômicas desses vírus associadas com a replicação, o movimento viral e com os processos que controlam o nível de acúmulo de vírions nas plantas infetadas (Lazarowitz, 1992; Timmermans *et al.*, 1994; Brown, 1997). De acordo com Hou *et al.* (1998), os fenótipos exibidos pelas plantas sob uma infecção viral resultam de interações entre produtos de genes virais e genes da hospedeira, podendo a adaptação e especificidade a determinadas espécies envolver proteínas virais ou elementos reguladores presentes no DNA A e no DNA B de begomovírus.

O interesse pelo estudo dos begomovírus associados a tomateiro no Brasil tem aumentado desde 1995, ocasião em que reapareceram os relatos de begomovírus na cultura em diversas áreas produtoras do país (Faria *et al.*, 2000; Lima *et al.*, 2000; Ribeiro *et al.*, 2002). Tornaram-se conhecidas as regiões agrícolas afetadas pelo patógeno, a relação desses vírus com a mosca branca e os prejuízos causados às lavouras com o subsequente comprometimento da indústria de processamento de tomate (Faria *et al.*, 2000). A caracterização molecular parcial desses vírus no país revelou a existência de ampla diversidade genética com pelo menos nove espécies já identificadas (Faria *et al.*, 2000; Ribeiro *et al.*, 2002). No entanto, dados relativos à caracterização biológica dos begomovírus, são ainda escassos havendo poucas informações sobre suas hospedeiras preferenciais e os sintomas induzidos pelos vírus já caracterizados. A identificação de espécies hospedeiras, juntamente com a sintomatologia, são ferramentas que podem colaborar em estudos associados à variabilidade genética entre espécies ou estirpes de begomovírus constatadas no Brasil.

Considerando os aspectos abordados, objetivou-se, com o presente trabalho, identificar e comparar as espécies vegetais suscetíveis e as reações sintomatológicas nelas induzidas os dois isolados de begomovírus de tomateiro na região Centro-Oeste, GO-ANPL e DF-BR2, verificando-se também a influência do tipo de inoculação sobre o comportamento de seus hospedeiros. Estudos envolvendo a caracterização molecular e análise comparativa da seqüência do DNA A desses isolados revelaram uma elevada identidade nos seus genomas virais, indicando que são estirpes de um mesmo begomovírus (Santos *et al.*, 2002). Os dados obtidos permitiram caracterizar a distinção biológica entre esses dois isolados virais e poderão ser empregados em pesquisas posteriores envolvendo comparações do comportamento biológico entre outras espécies e estirpes de begomovírus identificadas no país.

Origem dos isolados de begomovírus

Os isolados de begomovírus empregados neste trabalho, denominados GO-ANPL e DF-BR2, foram coletados de tomateiros em lavouras do tomate indústria 'Jumbo' no município de Anápolis-GO e no Distrito Federal, respectivamente. A infecção por begomovírus, em ambos os casos, foi comprovada por PCR e por hibridização com sonda radioativa preparada com DNA do *Bean golden mosaic virus* (BGMV) (Santos *et al.*, 1998). Os begomovírus foram mantidos em plantas de tomateiro 'Santa Clara' e 'Rutgers' em telados distintos e à prova de insetos nas dependências da Embrapa Hortaliças.

Espécies vegetais inoculadas

A investigação da gama de hospedeiros dos isolados GO-ANPL e DF-BR2 foi realizada em ocasiões distintas, inoculando-se um total de 31 espécies vegetais pertencentes a oito famílias botânicas: Amaranthaceae, *Gomphrena globosa* L., Brassicaceae, *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L., Chenopodiaceae, *Chenopodium amaranticolor* L., *C. murale* L., *C. quinoa* Willd., Compositae, *Bidens pilosa* L., Cucurbitaceae, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Manf. 'Charlston Gray', *C. sativus* L. 'Shibata', *Cucurbita pepo* L. 'Caserta'; Euphorbiaceae, *Euphorbia heterophylla* L., Leguminosae, *Clitoria ternatea* L., *Phaseolus vulgaris* L. 'Jambo', *Pisum sativum* L. 'Frevo', *Vigna unguiculata* Walp. 'Pitiuba' e 'Macaibo'; Malvaceae, *Sida rhombifolia* L. e Solanaceae, *Capsicum annuum* L. 'Ikeda', *C. chinense* Jacq. acesso CNPH 0679, *C. frutescens* L., *Datura stramonium* L., *Lycopersicon esculentum* Mill. 'IPA-05', 'Rutgers' e 'Santa Clara', *Nicotiana benthamiana* D., *N. clevelandii* A. Gray, *N. tabacum* L. 'Turkish NN', 'Xanthi NN' e 'Xanthi NC', *N. silvestris* Speng., *N. glutinosa* L., *N. rustica* L., *Nicandra physalodes* (L.) Gaertn., *Physalis floridana* Rydb., *Solanum americanum* Mill., *S. melongena* L. 'Diamante Negro', *S. ovigerum* Dun. 'Morro Redondo'.

Métodos de inoculação empregados

Os ensaios para a determinação da gama de hospedeiros dos isolados GO-ANPL e DF-BR2 foram conduzidos em casa de vegetação ou em insetários, para a inoculação mecânica ou com *B. tabaci* biótipo B, respectivamente. Na inoculação mecânica, folhas jovens do tomateiro 'Santa Clara' infetado foram trituradas em almofariz na presença de tampão de fosfato de sódio 0,05 M, pH 7,5 acrescido de Na₂SO₃ a 0,1%, na proporção 1:2 (p/v). O extrato obtido foi friccionado com gaze na superfície adaxial das folhas polvilhadas com carborundum. Após a inoculação, as folhas foram lavadas com água corrente e as plantas mantidas em casa de vegetação. Na inoculação com a mosca branca, grupos de 15 a 25 insetos, provenientes de colônias avirulíferas, foram submetidos a um período de acesso de aquisição do vírus de 72 h em tomateiro infetado, sendo, em seguida, confinados às mudas sadias por meio de gaiolas individuais de PVC revestidas com voal na parte superior do tubo. Os insetos foram mantidos nas plantas por um período de acesso de inoculação de 48 h após o qual, as

plantas foram pulverizadas com inseticida sistêmico e transferidas para casa de vegetação. Dezesesseis a 20 plantas de cada espécie foram inoculadas por ambos os métodos e o acompanhamento do surgimento de sintomas foi realizado até 30 dias após as inoculações. Amostras foliares de brotações de todas as plantas foram coletadas para a realização do “dot blot” visando a confirmação dos resultados.

“Dot-Blot”

As amostras para o “dot-blot” foram preparadas triturando-se discos foliares das brotações coletadas de cada planta inoculada na presença de 20 µl de NaOH 0,4 N e breve centrifugação a 2.000 g (Rom *et al.*, 1993). Três microlitros do sobrenadante de cada amostra foram aplicados em quadriculos demarcados em membrana de nylon (Hybond N+, Amersham/Pharmacia). Extrato de planta sadia e tampão da amostra foram empregados como controle negativo, e extrato de ‘Santa Clara’ infetada e DNA viral purificado (15-30 ng) obtido de tomate infetado pelo método de Dellaporta (1983), como controle positivo. A membrana foi lavada em soluções de Tris-HCl, em 2X SSC e em etanol 95%, sendo o DNA das amostras fixado sob luz UV ou em forno a 80 °C. A sonda radioativa empregada na hibridização foi preparada com fragmento de DNA A de aproximadamente 1,3 Kb, amplificado com os oligonucleotídeos PAL1v1978 (5’GCATCTGCAGG CCCACTYGTCTTYCCNGT 3’) e PAR1c715 (5’ GATTTC TGCAGTTT DATRTTYTCRTCCATCCA 3’) a partir do genoma do GO-ANPL ou do DF-BR2.

Nesta investigação, constatou-se que, dentre as espécies/cultivares pertencentes à família Solanacea inocu-

ladas com o GO-ANPL, 12 foram infetadas quando se utilizou a mosca branca e que o número foi mais reduzido (quatro espécies e/ou cultivares) quando a inoculação do vírus foi realizada mecanicamente (Tabela 1). Os sintomas mais expressivos da infecção com o GO-ANPL foram observados nos tomateiros ‘Rutgers’ e ‘Santa Clara’, os quais apresentaram mosaico com leve clorose dez dias após a inoculação, e mosaico com amarelecimento (mais intenso em ‘Rutgers’), enrolamento, redução do limbo foliar, epinastia e nanismo, 25 a 30 dias após a inoculação. O tempo requerido para o surgimento de sintomas nas plantas infetadas foi similar nos dois métodos de inoculação. Plantas de *N. benthamiana* infetadas com esse begomovírus exibiram sintomas de mosaico, sem deformações (Figura 1A) e as de *D. stramonium* apresentaram pontos cloróticos (Figura 1B) os quais foram visivelmente mais numerosos nas transmissões via mosca branca. Das inoculações com o GO-ANPL nos pimentões ‘Ikeda’ e *C. chinense* CNPH-0679 foram observadas manchas cloróticas locais e plantas assintomáticas, respectivamente. A infecção viral nessas cultivares foi confirmada mediante a PCR (dados não apresentados). Infecção natural por begomovírus em pimentões exibindo sintomas da virose foi, também, relatado por Lima *et al.* (2001) no Submédio do Vale São Francisco-PE.

Com relação ao isolado DF-BR2, somente sete espécies da família Solanaceae, nos dois métodos de inoculação adotados, foram infetadas pelo vírus (Tabela 1). A maioria das espécies suscetíveis ao GO-ANPL foi também infetada pelo isolado DF-BR2, excetuando-se as espécies *N. tabacum* ‘TNN’ e *N. glutinosa*, infetadas somente pelo primeiro.

TABELA 1 - Sintomas observados em diferentes solanáceas inoculadas com os begomovírus de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), GO-ANPL e DF-BR2, mediante a transmissão mecânica e/ou por *Bemisia tabaci* biótipo B

ESPÉCIE VEGETAL	GO-ANPL		DF-BR2	
	INOCULAÇÃO MECÂNICA	INOCULAÇÃO COM O VETOR	INOCULAÇÃO MECÂNICA	INOCULAÇÃO COM O VETOR
<i>Capsicum annuum</i>				
‘Ikeda’	S/S	LCl	LCl	LCl
<i>C. chinense</i>				
‘CNPH 0679’	S/S	S/S(IL)	NT	NT
<i>Datura stramonium</i>	Ptos Cls	Cln, Ptos Cls	Cln, M, Rg	Cln, M, Rg
<i>Lycopersicon esculentum</i>				
‘IPA-05’	NT	NT	M, Am, Ep, RdC	M, Am, Ep, RdC
‘Rutgers’	M, Am, Ef, RdC	M, Am, Ef, RdC	NT	NT
‘Santa Clara’	M, Cli, Df, RdC	M, Cli, Df, RdC	NT	NT
<i>Nicandra physalodes</i>	S/S	Cln, M	M, RdC	M, RdC
<i>Nicotiana benthamiana</i>	M	M	M, B, Ep, RdC	M, B, Ep, RdC
<i>N. glutinosa</i>	S/S	Mq	S/S	S/S
<i>N. rustica</i>	S/S	MCl	Mq	Mq
<i>N. tabacum</i>				
‘TNN’	S/S	Cln, M	S/S	S/S
‘Xanthi NN’	S/S	Mq	NT	NT
‘Xanthi NC’	S/S	Mq	NT	NT
<i>Physalis floridana</i>	S/S	S/S	Cl, Ep, RdC	Cl, Ep, RdC

Sintomas apresentados:

Am - amarelecimento; **B**- bolhosidade; **Cl**- clorose; **Cl**- clorose internerval; **Cln** - clareamento de nervuras; **Df** - distorções foliares; **Ef**- enrolamento foliar; **Ep**- epinastia; **IL** - infecção latente; **LCl** - lesões cloróticas locais; **M** - mosaico; **Mq** - mosqueado; **MCl** - manchas cloróticas; **Ptos Cls** - pontos cloróticos sistêmicos; **RdC**- redução do crescimento; **Rg**- rugosidade; **S/S** - sem sintomas; **NT**- não testado.

Observou-se que, para *N. benthamiana*, *D. stramonium* (Figura 1C e 1D) e *N. physalodes* a sintomatologia induzida pelo DF-BR2 apresentou-se mais precocemente e foi mais severa que aquela observada para o GO-ANPL. Em *P. floridana*, a infecção viral ocorreu somente nas inoculações com o isolado DF-BR2 (Tabela 1). As solanáceas *D. stramonium* e *N. physalodes* foram, portanto, as únicas plantas daninhas, dentre as testadas, suscetíveis ao GO-ANPL. Para o DF-BR2, além destas, inclui-se também *P. floridana*. Essas espécies apresentaram sintomas menos acentuados de mosaico ou de nanismo que os observados no tomateiro e mostraram-se também hospedeiras da mosca branca. Essa combinação sugere que as referidas espécies podem constituir fontes naturais de inóculo do GO-ANPL e DF-BR2. Segundo Brown (1997), os efeitos de begomovírus em plantas daninhas hospedeiras, apesar dessas desenvolverem sintomas foliares e redução no crescimento, são menos severos que nas plantas cultivadas. Relatos de begomovírus em freqüentes associações com *D. stramonium* foram também registrados em outros países (Picó *et al.*, 1996). Plantas daninhas de outras famílias botânicas foram relatadas como hospedeiras de begomovírus em várias regiões do Brasil (Ambrozevícius *et al.*, 2002; Lima *et al.*, 2002). Entretanto, a patogenicidade desses vírus em plantas de tomateiro ainda não foi comprovada.

As demais espécies de solanáceas e de outras famílias botânicas testadas, independente do método de inoculação, não foram infetadas local ou sistemicamente pelo GO-ANPL ou DF-BR2. Os resultados obtidos com o “dot-blot” confirmaram as hospedeiras dos vírus.

Em geral, os begomovírus possuem limitado número de hospedeiros. A predominância de solanáceas dentre os hospedeiros do GO-ANPL e do DF-BR2 está de acordo com os dados observados por Pooma *et al.* (1996) para o TGMV, um dos begomovírus de tomateiro melhor caracterizado. O TYLCV, ainda que afete espécies de outras cinco famílias, infeta principalmente membros da família Solanaceae, principalmente tomate e fumo (Picó *et al.*, 1996).

Considerando as reduzidas informações de sintomatologia e de hospedeiros de begomovírus no Brasil, realizaram-se comparações dos resultados obtidos para o GO-ANPL e do DF-BR2 com o de três outros isolados de begomovírus de tomateiro provenientes de Pernambuco, estudados por Rocha (1999) em datas próximas, ambiente e metodologia similares aos empregados neste trabalho. Os resultados mostraram a restrição de dois dos isolados ao tomateiro via mosca branca e infecção em tomate, *N. physalodes*, *N. benthamiana* e *N. rustica* pelo terceiro isolado. O pimentão *C. annuum* ‘Ikeda’, *D. stramonium* e *N. tabacum* ‘TNN’, hospedeiras do GO-ANPL e do DF-BR2, não foram

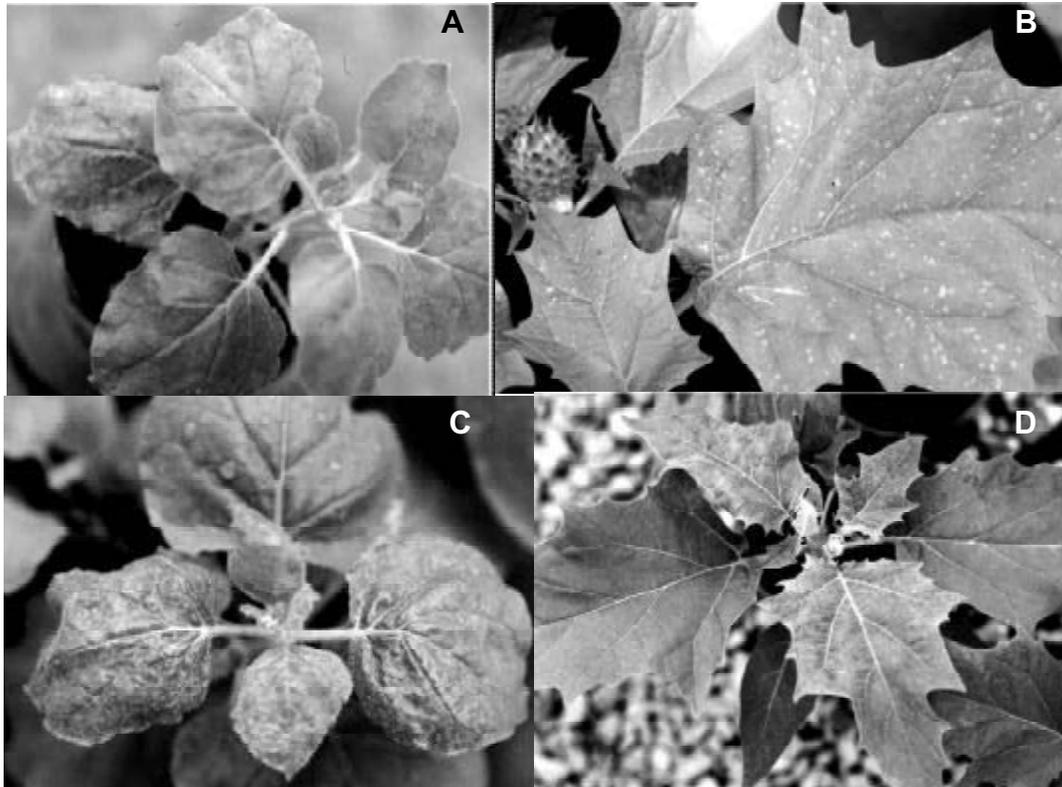


FIG. 1 - Sintomas de infecção por GO-ANPL: A- Mosaico em *Nicotiana benthamiana*; B- Pontos cloróticos sistêmicos em *Datura stramonium*; Sintomas de infecção por DF-BR2: C- mosaico, bolhosidade e epinastia em *Nicotiana benthamiana* e D- mosaico em *Datura stramonium*.

infetados pelos isolados pernambucanos (Rocha, 1999). Este comportamento distinto pode ser resultante de prováveis diferenças genéticas comumente relatadas para genomas de begomovírus oriundos de regiões geográficas distantes (Timmermans *et al.* 1994; Czosnek & Laterrot, 1997).

Nas inoculações do GO-ANPL e do DF-BR-2 empregando o vetor, os períodos de acesso de aquisição de 72 h e de acesso de inoculação de 48 h, como também o número de 15 a 25 insetos por planta, foram considerados adequados para os ensaios. A maior eficiência da mosca branca observada na transmissão do GO-ANPL, quando comparada com a inoculação mecânica do vírus, pode estar associada ao fato de o vírus ser introduzido pelo inseto diretamente na célula do floema onde se alimenta, possibilitando o maior sucesso para o início da replicação e movimento viral (Picó *et al.*, 1996; Brown, 1997). Resultados similares aos obtidos foram observados por Morales *et al.* (1990), que constataram maior eficiência na transmissão do begomovírus *Bean dwarf mosaic virus* (BDMV) para cultivares de feijão com a mosca branca do que com a inoculação mecânica. Diferenças na eficiência de transmissão do vírus com os dois métodos, contudo, não foram observadas nas inoculações com o DF-BR2.

Apesar da elevada identidade entre os genomas do DNA A de GO-ANPL e DF-BR2, verificada por Santos *et al.* (2002), as diferenças nas hospedeiras, a variação no sucesso da inoculação mecânica e o tipo de sintomatologia induzida, sugerem que os begomovírus identificados em tomateiros em Goiás e no DF sejam biologicamente distintos. Análises genéticas comparativas realizadas posteriormente entre esses isolados e o Tomato rugose mosaic virus (ToRMV), espécie recentemente identificada no país (Ribeiro *et al.*, 2002), revelaram que os três vírus são geneticamente relacionados.

O comportamento de *B. tabaci* biótipo B, o seu hábito polífago e as espécies vegetais de sua preferência, em princípio, ditam a seleção de hospedeiras naturais de begomovírus e podem estar associados à emergência de vários novos vírus desse gênero no campo (Brown, 1997). A diversidade genética de begomovírus de tomateiros e o possível relacionamento existente com espécies associadas a plantas daninhas, foram investigados em profundidade por Ribeiro *et al.* (2002) e Ambrozevicius *et al.* (2002). Contudo, além da caracterização molecular dos begomovírus, observa-se a importância da determinação das plantas hospedeiras, sintomas e formas de transmissão no contexto da caracterização e avaliação da variabilidade biológica, como informação complementar para o estudo das diferenças genômicas em espécies ou estirpes de begomovírus geneticamente relacionadas no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBROZEVICIUS, L.P., CALEGÁRIO, R.F., FONTES, E.P.B. CARVALHO, M.G. & ZERBINI, F.M. Diversidade genética de begomovírus infetando o tomateiro e plantas daninhas no Sudeste do Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 27:372-377. 2002.
- BROWN, J.K. The biology and molecular epidemiology of the Geminiviridae subgroup III. In: Stacey, G.E & Keen, N.T. (eds). *Plant-Microbe Interactions*. New York. ITP. 1997. pp.125-195.
- CZOSNEK, H. & LATERROT, H. A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Archives of Virology* 142:1391-1406. 1997.
- DELLAPORTA, S.L., WOOD, J. & HICKS, J.B. A plant DNA minipreparation: version II. *Plant Molecular Biology Reporter* 1:19-21. 1983.
- FARIA, J.C., BEZERRA, I.C., ZERBINI, F.M., RIBEIRO, S.G. & LIMA, M.F. Situação atual das geminiviroses no Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 25:125-137. 2000.
- HARRISON, B.D. Advances in geminivirus research. *Annual Review of Phytopathology* 23:55-82. 1985
- HOU, Y., PAPLOMATAS, E.J. & GILBERTSON, R.L. Host adaptation and replication properties of two bipartite geminiviruses and their pseudorecombinants. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 11:208-217. 1998.
- LAZAROWITZ, S.G. Geminiviruses: genome structure and gene function. *Critical Reviews in Plant Sciences* 11:327-349. 1992.
- LIMA, G.S.A., ASSUNÇÃO, I.P., MELO-FILHO, L.R., MONTEIRO, L.C.C., VIANA, T.H.P. & FREITAS, N.S. Novas espécies de *Begomovirus* associadas a plantas invasoras no Estado de Pernambuco. *Fitopatologia Brasileira* 27:207. 2002. (Resumo).
- LIMA, J.A.A., GONÇALVES, M.F.B., OLIVEIRA, V.B., TORRES FILHO, J. & MIRANDA, A.C.M.M. Immunochemical and PCR identification of a Begomovirus infecting tomato fields in Ibiapaba Mountain, Ceará. In: *Viroológica*, 1999, Curitiba. *Virus: Reviews and Research* 4:150. 1999 (Resumo).
- LIMA, J.A.A., GONÇALVES, M.F.B., OLIVEIRA, V.B., TORRES FILHO, J. & MIRANDA, A.C.M.M. Serological and PCR detection of a Begomovirus infecting tomato fields in Ibiapaba Mountain, Ceará. *Fitopatologia Brasileira* 25:104-108. 2000.
- LIMA, M.F., BEZERRA, I.C., RIBEIRO, S.G. & AVILA, A.C. Distribuição de geminivírus nas culturas do tomate e pimentão em doze municípios do Submédio do Vale do São Francisco. *Fitopatologia Brasileira* 26:81-85. 2001.
- MORALES, F., NIESSEN, A., RAMIREZ, B. & CASTAÑO, M. Isolation and partial characterization of a geminivirus causing Bean dwarf mosaic. *Phytopathology* 80:96-101. 1990.
- PICÓ, B., DIEZ, M.J. & NUEZ, F. Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. II Tomato yellow leaf curl virus - a review. *Scientia Horticulturae* 67:151-196. 1996.
- POOMA, W., GILLETTE, W. K., JEFREY, J.L. & PETTY, I.T.D. Host and viral factors determine the dispensability of coat protein for bipartite geminivirus systemic movement. *Virology* 218: 264-268. 1996.
- RIBEIRO, S.G., AMBROZEVÍCIUS, L.P., ÁVILA, A.C., BEZERRA, I.C., CALEGÁRIO, R.F., FERNANDES, J.J., LIMA, M.F., MELLO, R.N., ROCHA, H.C. & ZERBINI, F.M. Distribution and genetic diversity of tomato-infecting begomovirus in Brazil. *Archives of Virology* 148:281-295. 2002.
- ROCHA, H.G.C. Caracterização de três isolados de geminivirus transmitidos por mosca branca (*Bemisia argentifolii* Bellows e Perring) infectando tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) na região do Submédio do São Francisco. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Brasília, Universidade de Brasília. 1999.
- ROM, M., ANTIGNUS, Y., GIDONI, D., PILOWSKY, M. & COHEN, S. Accumulation of Tomato yellow leaf curl virus DNA in

- tolerant and susceptible tomato lines. *Plant Disease* 77:253-257. 1993.
- SANTOS, C.D.G., BEZERRA, I. C., ÁVILA, A. C. & RESENDE, R.O. Occurrence of geminivirus in tomato crops in the state of Goiás. *Journal of Brazilian Society for Virology* 3:144. 1998. (Resumo).
- SANTOS, C.D.G., INOUE-NAGATA, A., ÁVILA, A.C. & RESENDE, R.O. Molecular characterization of a new begomovirus isolated from tomato in the State of Goiás, Brazil. Resumos, 13º Encontro Nacional de Virologia, Águas de Lindóia, SP. 2002. pp.153.
- TIMMERMANS, M.C.P., PREM DAS, O. & MESSING, J. Geminiviruses and their uses as extrachromosomal replicons. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 45:79-112. 1994.