

**HERANÇA DA PARTENOCARPIA E DA
RESISTÊNCIA AO VÍRUS DA MANCHA
ANELAR DO MAMOEIRO – ESTIRPE
MELANCIA (PRSV-W) EM ABOBRINHA
(*Cucurbita pepo* L.)**

CÍCERO BESERRA DE MENEZES

2003

CÍCERO BESERRA DE MENEZES

HERANÇA DA PARTENOCARPIA E DA RESISTÊNCIA AO VÍRUS DA
MANCHA ANELAR DO MAMOEIRO – ESTIRPE MELANCIA (PRSV-W)
EM ABOBRINHA (*Cucurbita pepo* L.)

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Agronomia, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do
título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Wilson Roberto Maluf

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Menezes, Cícero Beserra de

Herança da partenocarpia e da resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) em abobrinha (*Cucúrbita pepo* L.) / Cícero Beserra de Menzes. -- Lavras : UFLA, 2003.

58 p. : il.

Orientador: Wilson Roberto Maluf.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Abóbora. 2. Controle genético. 3. Herdabilidade. 4. Variedade resistente. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.6398


CÍCERO BESERRA DE MENEZES

HERANÇA DA PARTENOCARPIA E DA RESISTÊNCIA AO VÍRUS DA
MANCHA ANELAR DO MAMOEIRO – ESTIRPE MELANCIA (PRSV-W)
EM ABOBRINHA (*Cucurbita pepo* L.)

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Agronomia, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do
título de “Doutor”.

APROVADA em 25 de Setembro de 2003

Prof. PhD. César Augusto Brasil P. Pinto	UFLA
Profa. Dra. Antonia dos Reis Figueira	UFLA
Prof. PhD. Francisco Murilo Zerbini Junior	UFV
Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz	UFU


Prof. PhD. Wilson Roberto Maluf
DAG/UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais, Jesus e Francisca Raquel

Aos meus irmãos, Sinval, Edival, Louro, Maria Socorro, Osmar, Silvana,
Suelice, Cícera Erlândia e Rival

A Carla e ao Gabriel

À minha avó, Maria Raquel

Aos meus sobrinhos, tios, padrinhos, primos e amigos

OFEREÇO

A Triste Partida

... Sem chuva na terra descamba janêro, depois feverêro e o mêmro verão. Entonse o rocêro, pensando consigo, diz: isso é castigo não chove mais não!

...Agora pensando seguir outra tria, chamando a famia começa a dizê: "Eu vendo o meu burro, meu jegue e cavalo, nós vamo a São Palo, vivê ou morrê".

"Nós vamo a São Palo, que a coisa tá feia; por terras alheia nós vamo vagá. Se o nosso destino não fô tão mesquinho, pro mesmo cantinho nós torna a vortá".

...Em riba do carro se junta a famia, chegou triste dia, já vai viajá. A sêca terrive, que tudo devora lhe bota pra fora da terra natá.

O carro já corre no tôpo da serra, oiando pra terra, seu berço, seu lar. Aquêlo nortista partido de pena de longe inda acena adeus, Ceará!.

... Trabaia dois ano, três ano e mais ano, e sempre no prano de um dia inda vim. Mas nunca ele pode, só veve devendo. E assim vai sofrendo, tormento sem fim.

Se alguma nutiça das banda do Norte tem ele por sorte o gosto de uvi, lhe bate no peito sodade de móio, e águas dos óio começa a cai

... Distante da terra tão seca mais boa, exposto à garoa, a lama e ao pau. Faz pena o nortista tão forte, tão bravo, vivê como escravo nas terras do Sú.

(Patativa do Assaré)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas alegrias e conquistas da minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao professor Wilson Roberto Maluf, pela dedicada orientação e amizade.

Ao professor Mikel R. Stevens, pela amizade, apoio e oportunidades.

A todos os alunos, professores e funcionários do Departamento de Agricultura, pela amigável convivência e bons momentos compartilhados.

Aos colegas do programa de melhoramento de hortaliças: Hildon, Marcos, Juliano, Flávio Benites, Sebastião Márcio, Valtinho e Douglas.

Aos amigos que me acompanharam durante esta longa caminhada: Bidu (Reinaldo), Denilson, Eduardo Lambert, Pedro, Júlio César, Renato (Maranhão), Leonardo (Almenara), Sidnei, Zózimo, Fredão, Frontino, Ila Maria, Inácio, Delma, Ramon, Henrique, Naldo, Tenilda, David Jarvis, Shwan, etc. Ao nos distanciarmos levaremos em nossos corações, não só a melancolia da partida, mas também a certeza de ter conosco um tesouro que não será corroído pelo tempo e muito menos pela distância - a nossa amizade.

À HortiAgro Sementes, nas pessoas de Vicente Licursi, Paulo Moreto e seus funcionários.

Aos amigos César Brasil e Gabriela pelo convívio e amizade.

A Carla e ao Gabriel pelos momentos felizes que têm me proporcionado

A Elber, Silvana, Seu Alcino e Dona Odete por estarem sempre presentes em minha caminhada.

A todos que direto ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução Geral.....	01
2 Referencial Teórico.....	03
2.1 Particularidades da abobrinha	03
2.2 Vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W)..	04
2.3 Importância da partenocarpia	09
3 Referências Bibliográficas.....	13
CAPÍTULO 2: Herança da resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) em abobrinha ...	18
1 Resumo	18
2 Abstract.....	19
3 Introdução	20
4 Material e Métodos	21
4.1 Local	21
4.2 Material experimental	22
4.3 Manutenção do inoculo viral	22
4.4 Metodologia experimental	23
4.5 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos	24
4.6 Teste da hipótese de herança monogênica	26
4.7 Teste de modelos genéticos utilizando a função de verossimilhança ...	28
5 Resultados e Discussão.....	32
5.1 Reação do inóculo viral em plantas indicadoras	32

5.2 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos	32
5.3 Teste de modelos genéticos utilizando a função de verossimilhança ...	41
6 Conclusões	43
7 Referências Bibliográficas.....	43
CAPÍTULO 3: Herança da partenocarpia em abobrinha	46
1 Resumo	46
2 Abstract.....	47
3 Introdução	48
4 Material e Métodos	49
5 Resultados e Discussão	51
6 Conclusões	57
7 Referências Bibliográficas.....	57

RESUMO

MENEZES, Cícero Beserra de. Herança da partenocarpia e da resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) em abobrinha (*Cucurbita pepo* L.). 2003. 58p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.¹

O presente trabalho teve como objetivos estudar o controle genético e testar a hipótese de herança monogênica para a partenocarpia e resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro - estirpe melancia (PRSV-W) apresentada pela linhagem Whitaker (*Cucurbita pepo* L.). Avaliaram-se os genitores Whitaker (resistente e partenocárpica) e Caserta (suscetível e não partenocárpica), bem como as populações F₁, F₂ e retrocruzamentos para ambos os genitores. A severidade de sintomas do PRSV-W foi avaliada utilizando-se uma escala de notas de 1 (folhas sem sintomas) a 5 (folhas com mosaico severo). A linhagem Whitaker mostrou média geral abaixo de 2,0, enquanto a cultivar Caserta apresentou média 4,0 já na primeira avaliação. A hipótese de herança monogênica foi rejeitada para a resistência ao PRSV-W. As estimativas de herdabilidade variaram de 0,10 a 0,57. O grau médio de dominância variou de uma avaliação para outra, na primeira avaliação, mostrou ser aditiva, enquanto nas outras duas avaliações mostrou ser de dominância parcial ou completa. A partenocarpia foi avaliada utilizando-se também uma escala de notas variando de 1 (frutos não partenocárpicos) a 5 (frutos partenocárpicos). A cultivar Caserta mostrou nota de 1,55 para partenocarpia, enquanto a linhagem Whitaker apresentou nota 4,2. Para partenocarpia, a hipótese de herança monogênica não pode ser rejeitada na faixa de grau médio de dominância entre 0,2 e 0,5. O grau médio de dominância estimado a partir dos componentes de média foi de 0,30. A partenocarpia, portanto, é controlada por um gene, com dominância parcial no sentido da expressão da partenocarpia. Frutos oriundos de plantas partenocárpicas foram similares, em termos de aparência e formato, aos frutos oriundos de plantas polinizadas. O modelo aditivo-dominante foi suficiente para explicar o controle genético de ambos os caracteres.

¹ Orientador: Wilson Roberto Maluf

ABSTRACT

MENEZES, Cicero Beserra de. **Inheritance of parthenocarpy and of resistance to papaya ringspot virus – watermelon strain in summer squash (*Cucurbita pepo* L.).** 2003. 58p. Thesis (Doctorate in Agronomy/ Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras. ¹

The purpose of this work was to study the genetic control of parthenocarpy and resistance to papaya ringspot virus – watermelon strain (PRSV-W) in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). Parental lines Whitaker (resistant to PRSV-W and parthenocarpic) and Caserta (susceptible to PRSV-W and non-parthenocarpic) and the generations F₁, F₂ and backcrosses to both parents were tested. The study of each trait consisted of a distinct trial. Seedlings were inoculated twice with a known PRSV-W isolate. PRSV-W infection symptoms were rated 10, 17 and 24 days after the second inoculation on a scale from 1 (symptomless leaves) to 5 (=most leaves with a severe mosaic and/or leaf distortions). Whitaker had a mean PRSV-W symptom score < 2.0, whereas Caserta had a score > 4.0 in the first evaluation date. The hypothesis of monogenic inheritance was rejected, indicating that the resistance to PRSV-W imparted by Whitaker is due to more than one gene. Mean degree of dominance estimates ranged from almost complete additivity (first evaluation date) to complete dominance in the direction of the susceptible parent (third evaluation date). In a second trial parthenocarpy was scored using a scale from 1 (non parthenocarpic fruit) to 5 (parthenocarpic fruit). Whitaker mean score was 4.2, while Caserta score was 1.55. The heritability estimates indicate that genetic gains from selection are feasible. Parthenocarpy is controlled by a single locus, with incomplete dominance in the direction of parthenocarpic expression.

¹ Major professor: Wilson Roberto Maluf

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

A família *Cucurbitaceae* é relativamente grande, contendo em torno de 130 gêneros e 900 espécies. Dentro desta família encontra-se o gênero *Cucurbita*, que é composto por cerca de 26 espécies, das quais cinco são cultivadas (*C. pepo*, *C. moschata*, *C. maxima*, *C. mista* e *C. ficifolia*). No Brasil o cultivo de cucurbitáceas, entre elas as abóboras, é uma atividade de caráter intensivo, concentrada principalmente nos cinturões verdes localizados ao redor das principais cidades. O fruto, produto olerícola das plantas do gênero *Cucurbita*, pode ser consumido na forma imatura (abobrinhas), madura (abóboras), cozido com açúcar (doces) ou sal (quibebes). Outras formas de consumo que têm crescido ultimamente são as sementes torradas e a utilização das pontas de ramas refogadas (cambuquira).

O fruto da abobrinha é composto de aproximadamente 94% de água, sendo um dos vegetais com menores taxas calóricas. É, ainda, uma boa fonte de vitaminas A, C e ácido fólico. A abobrinha é ótima para ser consumida crua, como salada ou apenas fatiada, ou suplemento de diversos pratos, como lasanhas, carnes e molhos.

A abobrinha é importante por fazer parte da alimentação básica das populações de várias regiões do país, tendo alcançado, em 2002, volume comercializado de 19.247t nos CEASAS de Minas Gerais, com preço médio de R\$ 0,41/Kg (Agridata, 2003).

Apesar do crescente número de pesquisas em abobrinha, determinadas doenças continuam em limitar a produção, causando prejuízos consideráveis. O vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) é o vírus de

maior ocorrência e importância econômica em cucurbitáceas no Brasil. Os sintomas da virose vão da clorose e mosaico até distorções, principalmente nas folhas apicais. Ocorre também deformação de flores e posteriormente dos frutos, cujo desenvolvimento normal pode ser inibido. Essa virose pode ser limitante na produção de diversas cucurbitáceas, principalmente quando a infecção ocorre no início do ciclo.

Diversas medidas de controle e prevenção de enfermidades viróticas têm sido utilizadas, sem a obtenção de resultados satisfatórios. A resistência genética é a forma de manejo mais consistente e segura para o controle de doenças virais. Além do impacto econômico, o apelo mais expressivo dessa prática está relacionada à menor contaminação de mananciais hídricos, e à redução de resíduos nos alimentos.

Em abobrinha (*Cucurbita pepo*) não existe fonte de resistência a PRSV-W. Alguns trabalhos foram realizados visando a introgressão da resistência de *C. ecuadorensis* (McClandess, 1998) e *C. moschata* (Oliveira, 1999). A linhagem de *C. pepo* Whitaker apresenta resistência a PRSV-W oriunda de *C. ecuadorensis* (Robinson & Reiners, 1999). Estudos adicionais de natureza genética são, no entanto, necessários para a introdução dessa resistência em cultivares comerciais do Brasil, uma vez que Whitaker é uma linhagem não comercial, oriunda de parentais selvagens.

Outro caráter que tem crescido em termos de relevância em algumas cucurbitáceas, e praticamente em *C. pepo*, é a partenocarpia, que consiste na formação de frutos sem que ocorra a fertilização. Esta é uma característica a ser explorada por produtores comerciais, que trabalham em ambientes com poucos agentes polinizadores, ou onde a polinização é deficiente, seja pela falta de flores masculinas, seja por problemas de sincronismo entre as antes das flores masculinas e femininas.

O desenvolvimento de cultivares partenocárpicas e resistentes ao PRSV-W representará uma evolução nos cultivos de abobrinha *C. pepo* pela redução nos custos de produção, pela possibilidade de plantio em estufas e na ausência de agentes polinizadores. Como pré-requisitos para a eficiência no melhoramento, é necessário conhecer o controle genético dos referidos caracteres a fim de se adotarem estratégias adequadas para a sua introdução e desenvolvimento de materiais comerciais.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Particularidades da abobrinha

O centro de diversidade do gênero *Cucurbita* situa-se nos trópicos, concentrando-se na fronteira do México com a Guatemala. Há evidências, em sítios arqueológicos, no sudoeste dos Estados Unidos, México e Norte da América do Sul, de que plantas pertencentes às espécies *C. pepo*, *C. moschata*, *C. mixta* e *C. maxima* já eram amplamente cultivadas na era pré-colombiana (Whitaker & Robinson, 1986). As espécies mais comumente utilizadas para consumo de frutos imaturos são *C. pepo* e *C. moschata*. Botanicamente a principal característica de diferenciação entre estas duas espécies é a presença de espículos coriáceos nos pedúnculos e pecíolos das plantas de *C. pepo*, bem como a presença de um achatamento do pedúnculo em sua região basal.

As plantas das cultivares de *C. pepo*, utilizadas como abobrinha, possuem hábito de crescimento braquítico, os frutos apresentam formato cilíndrico levemente afilado na direção do pedúnculo. No ponto comercial, suas dimensões variam entre 15 a 20cm de comprimento e 4 a 6cm de diâmetro, pesando 200 a 250g. A coloração é verde-clara, podendo haver finas estrias

longitudinais, de cor verde-escuro. Algumas cultivares foram introduzidas no Brasil. Entretanto, somente a cultivar Caserta – de nome italiano, porém de origem norte-americana – conquistou o consumidor, além de se destacar pela produtividade. Esta cultivar, inclusive, estabeleceu o tipo preferido pelo consumidor brasileiro (Filgueira, 2000).

As plantas das cultivares de *C. moschata* podem possuir hábito de crescimento braquítico ou rasteiro, sendo os representantes mais tradicionais as cultivares do grupo Menina Brasileira (de crescimento rasteiro) que possuem frutos imaturos apresentando pescoço e bojo. A cultivar Piramoita apresenta plantas com crescimento tipo semimoita e frutos cilíndricos com pescoço destacado (Filgueira, 2000). Outras cultivares já existem atualmente no mercado brasileiro como o híbrido F₁ Duda, pretencente à espécie *C. moschata*, mas que apresenta frutos de formato cilíndrico/cônico, similares aos frutos da cultivar Caserta.

A abobrinha é composta de aproximadamente 94% de água, o que a torna um dos vegetais com menor taxa calórica. Uma xícara de abobrinha crua fatiada possui menos de 20 calorias e fornece 12 mg de vitamina C, 28 µg de ácido fólico e 250 mg de potássio. Uma xícara de abobrinha com casca também contém a quantidade suficiente de beta-caroteno, que o organismo converte em vitamina A para compor 10% da dose diária recomendada deste nutriente.

2.2 Vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W)

O *Papaya ringspot virus* (PRSV) é uma espécie do gênero *Potyvirus*, com partículas flexuosas de 780nm de comprimento por 12nm de diâmetro e um genoma constituído por uma fita simples de RNA de polaridade positiva. O terminal 5' do RNA possui uma proteína VPg e o terminal 3' uma cauda poli A (Van Regenmortel et al., 2000).

A maioria dos isolados do PRSV pertence a dois grupos de estirpes distintos: “papaya” (P) e “watermelon” (W). O grupo P infecta plantas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) e causa doença limitante ao cultivo dessa espécie nas regiões tropical e subtropical do mundo. Pode infectar sistemicamente cucurbitáceas, sendo que alguns isolados também podem causar lesões locais em *Chenopodium amaranticolor* Costa & Reyn. e *C. quinoa* Wild. A espécie W, previamente descrita como *Watermelon mosaic virus -1*, é economicamente importante em cucurbitáceas, mas não infecta plantas de mamoeiro. Esses dois grupos de estirpes são serologicamente indistinguíveis quando se utilizam antissoros policlonais, produzidos contras as respectivas proteínas da capa protéica. Ambos são transmitidos de maneira não-persistente por várias espécies de afídeos, destacando-se o *Myzus persicae* e o *Aphis gossypii*. (Purcifil et al., 1984).

No Brasil existe uma grande população de afídeos durante todo o ano, o que é favorecido pela sua alta taxa de reprodução, pois as fêmeas se reproduzem por partenocarpia, ou seja, sem a necessidade de machos. Esse fato, aliado à abundância de plantas hospedeiras desse vírus, faz com que a doença freqüentemente atinja proporções endêmicas.

O PRSV-W encontra-se bastante disseminado em várias regiões de cultivo de cucurbitáceas, sendo responsável por perdas significativas. No Brasil esse é o vírus mais comumente encontrado nas diversas áreas de cultivo de cucurbitáceas (Kurozawa & Pavan, 1997). Existem relatos de sua ocorrência em Belém (Albuquerque et al., 1972), em São Paulo (Costa et al., 1972), no Distrito Federal e Amazonas (Lin et al., 1976; Lin et al., 1977), no Piauí (Lima et al., 1980b), na região do Submédio São Francisco (Ávila et al., 1984, Lima et al., 1997), no Ceará (Lima & Vieira, 1992), no Rio Grande do Norte (Lima et al., 1980a), na Bahia (Lima et al., 1997) e no Maranhão (Moura et al., 1997). Em Minas Gerais, estudos baseados na sintomatologia em hospedeiros

diferenciados e em testes sorológicos indicaram que o PRSV-W é o vírus predominante nas regiões produtoras da Zona Metalúrgica (municípios de Igarapé, Mateus Leme e Florestal), do Triângulo Mineiro (Uberlândia) e da Zona da Mata (Carandaí e Barbacena) (Richards, 1999).

Além do PRSV-W, outros vírus que têm sido detectados em cucurbitáceas no Brasil são: o vírus do mosaico do pepino (“*Cucumber mosaic virus*” - CMV), o vírus do mosaico da abóbora (“*Squash mosaic virus*” - SqMV), o vírus do mosaico da melancia (“*Watermelon mosaic virus*” - WMV), o vírus do mosaico amarelo da abobrinha de moita (“*Zucchini yellow mosaic virus*” - ZYMV) e os *Tospovirus*. Além das infecções causadas por um vírus isoladamente, infecções mistas em cucurbitáceas também ocorrem com bastante frequência.

Os sintomas do PRSV-W se caracterizam, principalmente, pela clorose e mosaico, principalmente nas folhas apicais. As folhas tornam-se distorcidas e curvadas. Ocorrem deformações das flores e posteriormente dos frutos, inibindo seu desenvolvimento normal. Sintomas como deformação foliar, raquitismo e mosaico nas partes vegetativas e nos frutos também são comuns (Whitaker & Davis, 1962). A queda de produção é dependente do estágio em que a cultura for infectada. Se o campo for infectado quando as plantas estão jovens pode ocorrer perda de 100% da produção. Demski & Chalkley (1972) observaram que, em abobrinha (*C. pepo*), a partir do 11º dia após a infecção com PRSV-W podem ser observadas perdas em torno de 90% nos frutos comerciáveis, independentemente do estágio de desenvolvimento da cultura na ocasião da infecção.

Vários métodos de manejo da virose têm sido testados. No entanto, a baixa eficiência destes métodos mostra a necessidade da busca de soluções mais práticas, eficientes e duradouras, como, por exemplo, a resistência genética. Tratamentos com pulverizações de óleo vegetal e mineral, e superfícies

reflectoras de luz têm sido utilizados experimentalmente com algum sucesso na redução da disseminação de vírus transmitidos por afídeos (Yuki, 1990). No entanto, o alto custo de alguns deles e a grande quantidade necessária têm limitado a sua utilização em áreas experimentais.

Inseticidas carbamatos (Aldicarb, Carbofuran) reduziram a incidência do mosaico, porém o controle não foi suficiente para que pudessem ser recomendados. Existe a suspeita de que, em alguns casos, a aplicação de inseticidas poderia até aumentar a disseminação dos vírus de relação não-persistente, devido à excitação causada pelos produtos durante as picadas de prova dos afídeos (Maelzer et al.; 1986). Mesmo que isso não ocorra, ou seja, considerando que as plantas tenham sido tratadas com inseticida sistêmico, capaz de eliminar o afídeo num curto espaço de tempo, nos casos de transmissão do PRSV-W de fora para dentro da cultura, esse transmitirá o vírus antes de morrer.

A premunização com estirpes fracas do vírus é outra alternativa que tem sido estudada em regiões produtoras de cucurbitáceas, mostrando-se eficiente no controle do PRSV-W e do mosaico amarelo da abobrinha-de-moita (ZYMV) (Rezende & Pacheco, 1998; Dias & Rezende, 2000; Rabelo, 2002). Alguns riscos, no entanto, podem ser apontados na utilização de premunização, entre os quais o efeito sinérgico, que pode ocorrer em plantas infectadas com a estirpe fraca e que venham a ser inoculadas com outro vírus que também infecta a mesma espécie. O dano ocasionado por esta infecção múltipla poderia ser maior do que o efeito de cada um dos vírus isoladamente (Rezende & Muller, 1995).

Desse modo, uma das melhores alternativas para o manejo de doenças virais é a utilização de resistência genética. Vários trabalhos foram realizados dentro do gênero *Cucurbita* para avaliação da reação ao PRSV-W, sendo encontrados bons níveis de resistência em acessos das espécies de *Cucurbita ecuadorensis*, *C. maxima*, *C. foetidissima* e *C. moschata*. Não foi encontrada

nenhuma fonte de resistência ao PRSV-W entre os acessos de *C. pepo* testados (Provvidenti et al., 1978; Salcedo, 1984; Maluf et al., 1986. Kuabara et al., 1987). A resistência de *C. ecuadorensis* foi introduzida com sucesso em *C. maxima* (Herrington et al., 1989) e, mais recentemente, em *C. pepo* (McCandless, 1998).

Na avaliação, efetuada por Salcedo (1984), de introduções e híbridos de *C. maxima* para reação ao PRSV-W, cinco materiais se destacaram como fontes de resistência promissoras. No estudo da herança da resistência ao PRSV-W, nesses materiais, verificou-se que ela é controlada pela ação de pelo menos dois alelos recessivos em diferentes locos, designados como **m** e **n**.

Em trabalho realizado para estudar e avaliar a resistência ao PRSV-W encontrada na introdução de *C. maxima* (Várzea Alegre), concluiu-se que a resistência é controlada por um ou poucos genes que parecem apresentar efeitos predominantemente aditivos. Estimativas de herdabilidade no sentido amplo e restrito foram similares (0,58 e 0,57, respectivamente) (Maluf & Sousa, 1984; Maluf et al., 1985).

Estudos realizados para estudar a herança da resistência ao PRSV-W em cruzamentos Redlands Trailblazer (cuja resistência provém de *C. ecuadorensis*), ABL-010 (cuja resistência ao PRSV-W provém da cultivar Coroa – *C. maxima*) e Buttercup (cultivar padrão suscetível ao PRSV-W) sugerem que a resistência conferida por ABL-010 é controlada por três genes com dominância parcial (Maluf et al., 1997). Já a resistência de Redlands Trailblazer parece ser conferida por no mínimo dois genes com efeitos aditivos. Foram encontradas plantas suscetíveis nas populações segregantes vindas do cruzamento entre ABL-010 x Redlands Trailblazer (segregação transgressiva) indicando que pelo menos um dos locos envolvidos no controle da resistência em ABL-010 não foi alélico aos locos que controlam resistência em Redlands Trailblazer (Maluf et al., 1997).

Whitaker, uma nova linhagem de abobrinha, foi lançada por pesquisadores da Universidade de Cornell, EUA. Esta foi desenvolvida por melhoramento convencional, processo que durou em torno de dez anos. A linhagem é resistente a *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Papaya ringspot virus* – estirpe W (PRSV-W) e oídio. A sua descendência é complexa, tendo sido utilizadas quatro espécies na sua constituição, dentre as quais duas espécies selvagens, *C. ecuadorensis* e *C. martinezzi* (McCandless, 1998). Ao que tudo indica, a resistência a vírus apresentada pela linhagem Whitaker é oriunda de *C. ecuadorensis* e a resistência ao oídio de *C. martinezzi*.

Estudos do controle genético da resistência ao PRSV-W apresentada pela linhagem Whitaker são de suma importância para posteriores trabalhos de desenvolvimento de materiais resistentes em abobrinha (*C. pepo*).

2.3. Importância da partenocarpia

A abobrinha é monóica, com flores unissexuais alaranjadas, as quais ocorrem nas axilas das folhas. A flor masculina tem cinco estames, com filamentos e anteras unidos entre si, que produzem grande quantidade de pólen. A flor feminina tem um ovário ínfero, com estilete relativamente grosso, terminando em três lóbulos estigmáticos (Free, 1992). Os grãos de pólen desta espécie são muito grandes e pegajosos para serem transportados pelo vento (Free, 1992, Crane & Walker, 1984).

Em virtude da ocorrência de estigmas e anteras em flores diferentes, a polinização da flor da abobrinha é garantida através do transporte mecânico, efetuado por abelhas, do grão de pólen da flor masculina para a flor feminina, dentro da mesma planta ou entre plantas diferentes.

A relação entre flores masculinas e femininas varia de 3,5:1 a 10:1. A flor feminina produz néctar e a masculina, néctar e pólen. Flores femininas produzem mais nectar e atraem mais abelhas do que as masculinas (Nepi & Pacini, 1993).

Além da dificuldade para polinização proporcionada pela monoiccia e pelo tamanho do grão de pólen, as flores femininas permanecem abertas e receptivas aos grãos de pólen por um curto período de tempo. As flores abrem de manhã cedo e fecham no mesmo dia, em torno do meio dia, nunca mais abrindo (Nepi & Pacini, 1993). Neste caso, o período em que ocorre polinização, entre a antese e o fechamento da flor, é dependente do número de polinizadores eficientes quando a flor está receptiva.

Wolfenbarger (1965) estudou durante três anos a polinização em abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), verificando que quando as plantas dessa espécie foram livremente visitadas por insetos polinizadores a produção de frutos foi 500% superior à das plantas protegidas com tela para impedir a presença de insetos. Em presença de insetos polinizadores, a frutificação em *Cucurbita pepo* foi de 76, 9%, enquanto em plantas protegidas contra a presença de insetos a frutificação foi nula, sendo que o vento não teve função alguma como agente polinizador (Amaral & Mitidieri, 1966).

Uma boa polinização é também dependente da proporção de flores masculinas em relação às flores femininas, que é bastante influenciada pelas condições climáticas e pelo número de frutos presentes já desenvolvidos na planta (Whitaker & Davis, 1962). As flores masculinas são mais numerosas que as femininas, mas a proporção entre elas depende das condições climáticas e pode ser alterada por meio da utilização de substâncias químicas (Ethefon). Sob temperaturas baixas e fotoperíodos curtos, a proporção de flores femininas é aumentada (Free, 1992).

A formação e desenvolvimento do fruto são desencadeados, após a polinização e fertilização, por uma ação coordenada de hormônios de crescimento provido e/ou regulado pelo grão de pólen, pelo tubo polínico e, finalmente, pelas sementes em desenvolvimento (Gillaspy et al., 1993). Como meio alternativo para produção de frutos, a partenocarpia acarreta o desenvolvimento do ovário no fruto sem a fertilização e formação de sementes, sob estímulo de tratamentos hormonais exógenos ou endógenos. A expressão da partenocarpia genética está relacionada com o acúmulo de auxinas e giberelinas no ovário. Em consequência, imagina-se que os genes para partenocarpia afetem o caminho da produção, transporte e/ou metabolismo de hormônios, superando a concentração limiar de substâncias de crescimento durante o período crítico da antese para promover o desenvolvimento do ovário de tal forma que a polinização e fertilização não sejam necessárias.

A partenocarpia, ou seja, a formação de frutos sem que ocorra a polinização da flor, pode ser interessante para o cultivo de cucurbitáceas, com a finalidade de permitir a produção em locais com deficiência de agentes polinizadores, como cultivos em estufas, ou quando ocorre falta de sincronismo na antese de flores masculinas e femininas. O uso de partenocarpia permitiria, ainda, o uso de cultivares com maior número de flores femininas, conferindo um maior número de frutos por unidade de área.

Em abobrinha (*C. pepo*) ainda não existem estudos sobre a herança da partenocarpia, dificultando tomadas de decisão quanto a métodos de melhoramento que visem sua incorporação em cultivares comerciais.

Em pepino a partenocarpia tem sido usada também com a finalidade de uniformizar o tamanho dos frutos, para permitir a colheita de uma única vez (El-Shawaf & Baker, 1981). Nos últimos anos o melhoramento de pepino tem buscado o desenvolvimento de híbridos ginóicos e partenocápicos pelas

vantagens de dispensar polinização, diminuir a competição frutos/flores e possibilitar seu plantio em estufas, sem a necessidade de polinizadores.

Em pepino, para conserva, uma das limitações de produção é o fenômeno chamado inibição do primeiro fruto, que ocorre quando os primeiros frutos inibem a formação e desenvolvimento de flores e frutos subseqüentes. A colheita mecânica é realizada quando a maioria dos frutos alcança o tamanho de 3,8 a 5,1cm de diâmetro. O tamanho maior dos frutos é responsável pela maior parte da produtividade por hectare, devido ao peso, mas o preço por peso é relativamente menor se comparado ao preço por número de frutos menores. Obviamente, o retorno econômico seria aumentado substancialmente se um número maior de frutos pequenos pudessem ser colhidos considerando a mesma colheita. A partenocarpia em pepino reduz a inibição dos primeiros frutos, permitindo um maior número de frutos por planta (Dean & Baker, 1983).

O desenvolvimento de materiais partenocárpicos tem sido alcançado em culturas como tabaco, tomate, berinjela e pimentão utilizando engenharia genética, mas estes não têm sido largamente utilizados comercialmente pela dificuldade de associar a partenocarpia à alta produtividade e qualidade de frutos.

O desenvolvimento de materiais genéticos partenocárpicos significaria uma mudança nos métodos tradicionais de produção de abobrinha, a qual poderia ser produzida em ambientes ausentes de polinizadores, como em casa de vegetação, sendo importante, então, o estudo da natureza genética do caráter.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIDATA. Sistema de Informações do Agronegócio de Minas Gerais. Ago. 2003. Disponível em: <www.agridata.mg.gov.br>. Acesso em: 01 Ago. 2003].

ALBUQUERQUE, F. C.; IKEDA, H.; COSTA, A. S. Ocorrência do vírus do mosaico da melancia (*Citrullus vulgaris* Schrad) em plantações de melão (*Cucumis melo* L.) na região de Belém-PA. *Revista de Olericultura, Campinas*, v. 12, p. 94, 1972.

AMARAL, E.; MITIDIARI, J. Polinização da aboboreira. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v. 23, p. 122-128, 1966.

ÁVILA, A. C.; DELLA VECCHIA, P. T.; LIN, M. T.; OLIVEIRA, L. O. B. de; ARAUJO, J. P. de. Identificação do vírus do mosaico da melancia em melão (*Cucumis melo*) e melancia (*Citrullus lanatus*) na região do submédio São Francisco. *Fitopatologia Brasileira, Brasília*, v. 9, n. 1, n. 1, p. 113-117, fev. 1984.

COSTA, A. S.; KITAJIMA, E. W.; NAGAI, H. Alguns vírus que afetam o pepino (*Cucumis sativus* L.) em São Paulo. *Revista de Olericultura, Campinas*, v. 12, p. 100-101, 1972.

CRANE, E.; WALKER, P. *Pollination directory for world crops*. London: Cambrian News, 1984. 183 p.

DEAN, B. B.; BAKER, L. R. Parthenocarpy in gynoecious cucumber as affected by chlorflurenol genetical parthenocarpy, and night temperatures. *HortScience, Alexandria*, v. 18, n. 3, p. 349-351, June 1983.

DEMSKI, J. W.; CHALKLEY, J. H. Effect of watermelon mosaic virus on yield and marketing of summer squash. *Plant Disease Reporter, St. Paul*, v. 56, n. 2, p. 147-150, 1Feb. 972.

DIAS, P. R. P.; REZENDE, J. A. M. Premunização da abóbora híbrida 'Tetsukabuto' para o controle do mosaico causado pelo *Papaya ringspot virus - type W*. *Summa Phytopathologica, Brasília*, v. 26, n. 3, p. 651-654, set. 2001.

EL-SHAWAF, I. I. S.; BAKER, L. R. Performance of hermaphroditic pollen parents in crosses with gynoecious lines for parthenocarpic yield in gynoecious

pickling cucumber for once-over mechanical harvest. **Journal of America Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, n. 3, p. 356-359, May 1981.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2000. 402 p.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. London: Academic Press, 1992. 684 p.

GILLASPY, G.; BEM-DAVID, H.; GRUISSEM, W. Fruits: a developmental perspective. **Plant Cell**, Rockville, v. 5, n. 10, p. 1439-1451, Oct. 1993.

HERRINGTON, M. E.; BYTH, D. E.; TEAKLE, D. S.; BROWN, P. J. Inheritance of resistance to papaya ringspot virus type W in hybrids between *Cucurbita ecuadorensis* and *C. maxima*. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 29, n. 2, p. 253-259, 1989.

KUABARA, M. Y.; SALCEDO, M. J. G.; COSTA, C. P. Fontes de resistência ao vírus do mosaico da melancia - 1 (WMV-1). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 5, n. 2, p. 20-22, nov. 1987.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças das cucurbitáceas. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMERGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. v. 2, p. 325-337.

LIMA, J. A. A.; FERNANDES, S. E. R.; MENDES, M. L. Identificação sorológica de "watermelon mosaic virus-1" em cucurbitáceas cultivadas e nativas no Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 414, out. 1980a.

LIMA, J. A. A.; SOUZA, C. A. U.; MARTINS, O. F. Infecção dupla de "watermelon mosaic virus" e "squash mosaic virus" em melancia no Estado do Piauí. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 417, out. 1980b.

LIMA, J. A. A.; VIEIRA, A. C. Distribuição do vírus do mosaico da abóbora em municípios cearenses e gama de hospedeiros de um isolado. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 112-114, mar. 1992.

LIMA, M. F.; BARBOSA, L. F.; ÁVILA, A. C. de: Levantamento de viroses na cultura da melancia na região do submédio São Francisco. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 337, Ago. 1997. Suplemento.

LIN, M. T.; ÁVILA, A. C.; KITAJIMA, E. W.; VAN DER PAHLEN, A. Identificação e ocorrência do vírus do mosaico da abóbora do Distrito Federal e no Estado do Amazonas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 86-87, jan./fev. 1977.

LIN, M. T.; KITAJIMA, E. W.; CUPERTINO, F. P.; COSTA, C. L. Identification of watermelon mosaic virus strain occurring in bush squash in Federal District. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 28, n. 7, p. 799, 1976. Suplemento.

MAELZER, D. A.; MCLEAN, G. D.; GARRET, R. G.; RUESINK, W. G. Integrated control of insect vectors of plant diseases. In: **Plant virus epidemics**. New York: Academic Press, 1986. p. 483-512.

MALUF, W. R.; MOURA, W. de M.; SILVA, I. S. da; CASTELO-BRANCO, M. Screening of *Cucurbita* spp. accessions for resistance to Watermelon Mosaic Virus-1. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 1, p. 161-167, mar. 1986.

MALUF, W. R.; PEREIRA, J. J.; FIGUEIRA, A. R. Inheritance of resistance to the papaya ringspot virus - watermelon strain in two different accessions of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) **Euphytica**, Wageningen, v. 94, n. 2, p. 163-168, 1997.

MALUF, W. R.; SILVA, I. S.; MOURA, W. M. Inheritance of watermelon mosaic virus-1 (WMV-1) resistance in squash *Cucurbita maxima* Duch. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 1, p. 174-182, mar. 1985.

MALUF, W. R.; SOUSA, E. L. S. Resistência ao vírus do mosaico da melancia-1 (WMV-1) em moranga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 22-25, nov. 1984.

McCANDLESS, L. Geneva releases 'Whitaker' summer squash at the NYS Vegetable Conference. Fev. 1998. Disponível em: <<http://www.nysaes.cornell.edu/pubs/press/1998/whitaker.html>>. Acesso em: 07 out. 1999.

MOURA, M. C. C. L.; LIMA, J. A. A. ; OLIVEIRA, V. B.; GONÇALVES, M. F. B. Levantamento de vírus que infectam cucurbitáceas em municípios maranhenses. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 22, p. 339, ago. 1997. Suplemento.

NEPI, M.; PACINI, E. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany*, London, v. 72, n. 6, p. 527-536, Dec. 1993.

OLIVEIRA, A. C. B. **Herança da resistência do vírus da mancha anelar do mamoeiro - estirpe melancia (PRSV-W) em *Cucurbita moschata* Duch e sua introgressão em *Cucurbita pepo* L.** 1999. 74 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PROVVIDENTI, R.; ROBINSON, R. W.; MUNGER, M. Resistance in feral species to six viruses infecting *Cucurbita*. *Plant Disease Reporter*, St. Paul, v. 62, n. 4, p. 326-329, Apr. 1978.

PURCIFULL, D. E.; EDWARDSON, J.; HIEBERT, E.; GONSALVES, D. Papaya Ringspot Virus. In: MURANT, A. F.; HARRISON, B. D. **Descriptions of plant viruses**. Farnham Royal: CBI/AAB, v. 18, n. 292, set. 1984.

RABELO, L. C. **Seleção de estirpe fraca do *Zucchini yellow mosaic vírus* (ZYMV) e controle dos mosaicos comum (*Papaya ringspot vírus*) e amarelo (ZYMV) por dupla premunização em abobrinha-de-moita.** 2002. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

REZENDE, J. A. M.; MULLER, G. W. Mecanismos de proteção entre vírus e controle de viroses por premunização. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, Passo Fundo, v. 3, p. 185-226, 1995.

REZENDE, J. A. M.; PACHECO, D. A. Control of papaya ringspot vírus type W in zucchini squash by cross-protection in Brazil. *Plant Disease*, St. Paul, v. 82, n. 2, p. 171-175, Feb. 1998.

RICHARDS, R. S. **Identificação, caracterização biológica e obtenção de sondas de cDNA para vírus de cucurbitáceas no Estado de Minas Gerais.** 1999. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROBINSON, R. W.; REINERS, S. Parthenocarpy in Summer squash. *HortScience*, Alexandria, v. 34, n. 4, p. 715-717, July 1999.

SALCEDO, M. J. G. de. Resistência ao mosaico da melancia raça 1 e sua herança em moranga *Cucurbita maxima* Duchesne. 1984. 76 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

VAN REGENMORTEL, M. H. V.; FARCQUET, C. M.; BISHOP, D. H. C.; CARTENS, E. B.; ESTER, M. K.; LEMON, S. M.; MANILOFF, J.; MAYO, M. A.; McGEOCH, D. J.; PRINGLE, C. R.; WICKNER, R. B. (Ed.) *Vírus taxonomy: classification and nomenclature of vírus*. San Diego: Academic Press, 2000. 1162 p.

WHITAKER, T. W.; DAVIS, G. N. *Cucurbits: botany, cultivation and utilization*. New York, 1962.

WHITAKER, T. W.; ROBINSON, R. W. Squash breeding. In: BASSETT, M. G. (Ed.). *Breeding vegetable crops*. East Port: Avi Publishing Company, 1986. p. 209-242.

WOLFENBARGER, D. D. Honey bees increase squash yields. *American Bee Journal*, Hamilton, v. 105, n. 2, p. 52, Feb. 1965.

YUKI, V. A. *Epidemiologia e controle do mosaico (VMM-Me) em abobrinha-de-moita*. 1990. 84 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CAPÍTULO II

HERANÇA DA RESISTÊNCIA AO VÍRUS DA MANCHA ANELAR DO MAMOEIRO – ESTIRPE MELANCIA (PRSV-W) EM ABOBRINHA (*Cucurbita pepo* L.)

1 RESUMO

MENEZES, Cicero Beserra de. Herança da resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) em abobrinha (*Cucurbita pepo* L.). In: _____. Herança da partenocarpia e da resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) em abobrinha (*Cucurbita pepo* L.). 2003. Cap. 2, p.18-45. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.¹

A resistência genética é a forma mais adequada de resistência a doenças virais, sendo de fundamental importância a estimativa de parâmetros genéticos que auxiliem a introdução dessa resistência em materiais comerciais. O presente trabalho teve como objetivos estudar o controle genético e testar a hipótese de herança monogênica da resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) apresentada pela linhagem Whitaker (*Cucurbita pepo* L.). Avaliaram-se os genitores Whitaker (resistente) e Caserta (suscetível), bem como as populações F₁, F₂ e retrocruzamentos para ambos os genitores. A severidade de sintomas foi avaliada utilizando-se uma escala de notas de 1 (folhas sem sintomas) a 5 (folhas com mosaico severo). A linhagem Whitaker mostrou nota média abaixo de 2,0 e a cultivar Caserta apresentou média 4,0 já na primeira avaliação, confirmando a reação contrastante das linhagens parentais. A hipótese de herança monogênica foi rejeitada, mostrando ser a resistência da linhagem Whitaker ao PRSV-W de controle oligo ou poligênico. O grau médio de dominância variou de uma avaliação para outra. Na primeira, mostrou ser de natureza aditiva, enquanto, nas outras duas avaliações, mostrou ser de dominância parcial ou completa. As estimativas de herdabilidade na 1^a, 2^a e 3^a datas de avaliação foram, respectivamente, de 56,92%, 20,15% e 10,28%.

1

Orientador: Wilson Roberto Maluf – UFLA

CHAPTER II

INHERITANCE OF RESISTANCE TO PAPAYA RINGSPOT VÍRUS – WATERMELON STRAIN IN SUMMER SQUASH (*Cucurbita pepo* L.)

2 ABSTRACT

MENEZES, Cicero Beserra de. Inheritance of resistance to papaya ringspot virus – watermelon strain in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). In: _____. Inheritance of parthenocopy and of resistance to papaya ringspot virus – watermelon strain in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). 2003. Cap. 3, p.18-45. Thesis (Doctorate in Agronomy/ Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras.¹

Genetic resistance is an important method of disease and pest control in plants. Estimates of genetic parameters are useful to transfer this genetic resistance from non-commercial cultivars to commercial ones. The purpose of this work was to study the genetic control of resistance to Papaya ringspot virus – watermelon strain (PRSV-W) in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). Parental lines Whitaker (resistant to PRSV-W) and Caserta (susceptible) and generations F₁, F₂ and backcrosses to both parents were tested via mechanical inoculation. Seedlings were inoculated twice with a known PRSV-W isolate. Symptoms were rated 10, 17 and 24 days after the second inoculation on a scale from 1(symptomless leaves) to 5 (most leaves with a severe mosaic and/or leaf distortions). Whitaker showed a general score lower than 2.0, whereas Caserta showed a score higher than 4.0 at the first evaluation date. The hypothesis of monogenic inheritance was rejected, indicating that resistance to PRSV-W imparted by Whitaker is due to more than one gene. Mean degree of dominance estimates ranged from almost complete additivity (first evaluation date) to complete dominance in the direction of the susceptible parent (third evaluation date).

¹ Major professor: Wilson Roberto Maluf - UFLA

3 INTRODUÇÃO

As cucurbitáceas são atacadas por uma vasta gama de vírus. Dentre estes, o vírus da mancha anelar do mamoeiro (*Paraya ringspot virus* – PRSV) – estirpe melancia (PRSV-W) tem se destacado como o de maior importância econômica por estar disseminado em praticamente todas as regiões de cultivo e ser responsável por significativas perdas de produção.

Os sintomas da virose são caracterizados por clorose, mosaico, mal formação e/ou deformações foliares, principalmente nas folhas apicais. Ocorre também deformação de flores e posteriormente dos frutos (Zambolin & Dusi, 1995; Kurozawa & Pavan, 1997).

Em *Cucurbita pepo* os sintomas são mais severos e se traduzem por leve clorose e clareamento das nervuras das folhas, evoluindo para mosaico, clorose intervalar, formação de bolhosidades ou ilhas verdes mais escuras e malformação de folhas, que se mostram filiformes (Yuki, 1990). O maior dano causado é a deformação dos frutos, que se tornam visualmente desqualificados para o mercado. Uma infecção em estádios iniciais da cultura retarda o crescimento vegetativo, reduzindo o tamanho das plantas e a sua capacidade produtiva.

Elevados índices de ocorrência da virose estão relacionados à presença de grandes populações ativas de pulgões, que ocorre principalmente em épocas mais quentes. A principal medida de controle tem sido o combate desses vetores com aplicações de inseticidas. No entanto, antes de morrerem, os pulgões são capazes de transmitir o vírus apenas com a picada de prova. Além do mais, os pulgões subsistem em plantas que circundam a cultura, pois possuem uma vasta gama de hospedeiras, tomando de baixa eficiência a aplicação de inseticidas. Outras abordagens de controle como pulverizações de óleo vegetal e mineral, superfícies reflectantes de luz e proteção com estirpes fracas têm sido

investigadas, com resultados pouco eficientes no controle do PRSV-W (Yuki, 1990). O controle de viroses através do uso de cultivares resistentes é a forma mais adequada de manejo. A identificação de boas fontes de resistência e o estudo de seu controle genético são primordiais na obtenção de cultivares resistentes.

Dentro do gênero *Cucurbita*, bons níveis de resistência foram encontrados em acessos das espécies de *C. ecuadorensis*, *C. maxima*, *C. foetidissima* e *C. moschata*. Nenhuma fonte de resistência foi encontrada em acessos de *C. pepo* (Provvidenti et al., 1978; Salcedo, 1984; Maluf et al, 1986). Acessos de *C. pepo* resistentes têm sido obtidos através de cruzamentos interespecíficos com auxílio de cultura de embriões, pois o cruzamento natural ou manual é bastante dificultado pelo pouco desenvolvimento dos embriões. Um exemplo é a linhagem Whitaker desenvolvida pela Universidade de Cornell, cuja resistência a PRSV-W é derivada de *C. ecuadorensis* (McCandless, 1998; Robinson & Reiners, 1999).

Os objetivos do presente trabalho foram estudar o controle genético e testar a hipótese de herança monogênica para resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) apresentada pela linhagem Whitaker (*Cucurbita pepo* L.).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Estação Experimental de Hortaliças da HortiAgro Sementes Ltda./ Fazenda Palmital/ Ijaci-MG, no período de março a maio de 2000. As populações avaliadas foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido, com substrato Plantimax ® e

casca de arroz carbonizada. Quando atingiram o estágio de duas folhas definitivas expandidas, foram transplantadas para vasos de meio litro.

4.2 Material Experimental

Foram utilizadas como material vegetal as cultivares de *Cucurbita pepo* Whitaker e Caserta.

A linhagem de abobrinha Whitaker é resistente a uma doença fúngica e a três doenças virais causadas pelo vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W), pelo vírus do mosaico do pepino (CMV) e pelo vírus do mosaico amarelo da abobrinha-de-moita (ZYMV). Whitaker tem ainda a habilidade de formar frutos partenocárpicos. A variedade Whitaker possui quatro espécies em seu pedigree, incluindo duas espécies selvagens (*C. ecuadorensis* e *C. martinuzzi*).

A cultivar Caserta, apesar de ser uma das mais plantadas no Brasil, é suscetível às viroses e não apresenta partenocarpia.

Foram realizados os cruzamentos necessários para a obtenção dos híbridos F_1 (Whitaker x Caserta). As plantas F_1 foram autofecundadas para obtenção da geração F_2 (Whitaker x Caserta) e também retrocruzadas com ambos os genitores para obtenção das gerações RC_{11} [F_1 (Whitaker x Caserta) x Whitaker] e RC_{12} [F_1 (Whitaker x Caserta) x Caserta].

4.3 Manutenção do inóculo viral

O inóculo do PRSV-W foi mantido dessecado em freezer a -80°C e multiplicado em plantas de *Cucurbita pepo* cv. Asmara, sob condições de casa de vegetação, para ser utilizado na inoculação mecânica das plantas a serem avaliadas. A pureza do inóculo viral foi determinada através da inoculação mecânica nas seguintes plantas indicadoras: *Cucurbita pepo*; *Luffa acutangula*;

Chenopodium amaranticolor; *Chenopodium quinoa*; *Gamphrena globosa*; *Nicotiana tabacum* cv. Turkish NN; *Nicotiana benthamiana*.

As plantas foram inoculadas com extrato foliar de plantas de *Cucurbita pepo* cv. Asmara infectadas com o PRSV-W, que apresentavam sintomas severos de mosaico e deformações foliares. Esse extrato foi obtido através da maceração das folhas em almofariz, na presença de tampão fosfato 0,01 M, pH 7,0, contendo sulfito de sódio na mesma molaridade, na proporção de 1g/9mL.

As inoculações foram realizadas friccionando-se o extrato foliar obtido nas folhas das plantas receptoras, previamente polvilhadas com carborundum (400 mesh). Posteriormente, as folhas foram lavadas com água corrente e as plantas foram mantidas em telado até a avaliação final dos sintomas.

4.4 Metodologia Experimental

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada parcela foi constituída por uma planta. Avaliaram-se 46 plantas da linhagem Whitaker, 90 plantas da cultivar Caserta, 88 plantas da geração F₁, 360 plantas da geração F₂, 136 plantas do retrocruzamento RC₁₁ [(Whitaker x Caserta) x Whitaker] e 180 plantas do retrocruzamento RC₁₂ [(Whitaker x Caserta) x Caserta].

Foram realizadas duas inoculações enquanto as plantas estavam em bandejas; a primeira delas 9 dias após o plantio, quando as folhas atingiram o estágio de folhas cotiledonares expandidas, e a segunda 12 dias após a primeira inoculação, no dia em que as plântulas foram transplantadas para os vasos.

As inoculações foram realizadas com extrato foliar de plantas de *C. pepo* 'Asmara' previamente inoculadas com PRSV-W, conforme citado anteriormente.

As avaliações começaram aos 10 dias após a segunda inoculação, sendo realizadas três avaliações com intervalos de sete dias entre elas, observando e avaliando as plantas individualmente quanto a sua reação ao PRSV-W. Foi adotado o sistema de escala de notas na classificação da severidade dos sintomas (Maluf et al., 1986), como segue:

- 1 = maioria de folhas sem sintomas; uma folha nova apresentando sintomas brandos e/ou leve clareamento de nervuras;
- 2 = maioria das folhas com sintomas brandos, leve clareamento de nervuras ou mancha cloróticas esparsas;
- 3 = maioria das folhas com mosaico; sintomas variando de clareamento de nervuras com pontos cloróticos em menos de 50% da área foliar;
- 4 = quase todas as folhas com mosaico; coalescência de áreas cloróticas, chegando até 50% da área foliar;
- 5 = quase todas as folhas com mosaico severo; folhas com mais de 50% de sua área foliar afetada ou com distorções severas.

4.5 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos

Utilizando as notas da severidade de sintomas apresentados pelas plantas, realizou-se a análise de variância. As estimativas das variâncias das populações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_{11} e RC_{12} foram utilizadas para a obtenção das variâncias genética ($\hat{\sigma}_G^2$), ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), fenotípica ($\hat{\sigma}_{F_2}^2$), aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) e de dominância ($\hat{\sigma}_D^2$), das herdabilidades no sentido amplo (h_a^2) e restrito (h_r^2) (Quadro 1).

Os efeitos aditivos [a] e não aditivos [d] do(s) gene(s) que controla(m) o caráter foram estimados a partir das médias das gerações, pelo método dos quadrados mínimos ponderados (Mather & Jinks, 1984) (Quadro 2).

QUADRO 1. Expressões das estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos (Mather & Jinks, 1984; Ramalho et al., 1993). UFLA, Lavras – MG, 2003.

$$\hat{\sigma}_E^2 = \left[\hat{\sigma}_{P_1}^2 * \hat{\sigma}_{P_2}^2 * \hat{\sigma}_{F_1}^2 \right]^{1/3}$$

$$\hat{\sigma}_{F_2}^2 = \hat{\sigma}_G^2 + \hat{\sigma}_E^2$$

$$\hat{\sigma}_G^2 = \hat{\sigma}_{F_2}^2 - \hat{\sigma}_E^2$$

$$\hat{\sigma}_G^2 = \hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2$$

$$\hat{\sigma}_A^2 = 2\hat{\sigma}_{F_2}^2 - \left[\hat{\sigma}_{RC_{11}}^2 + \hat{\sigma}_{RC_{12}}^2 \right]$$

$$\hat{\sigma}_D^2 = \hat{\sigma}_G^2 - \hat{\sigma}_A^2$$

$$h_a^2 = \hat{\sigma}_G^2 / \hat{\sigma}_{F_2}^2$$

$$h_r^2 = \hat{\sigma}_A^2 / \hat{\sigma}_{F_2}^2$$

Sendo que:

$\hat{\sigma}_{P_1}^2$: estimativa da variância entre plantas dentro do P₁ (Whitaker);

$\hat{\sigma}_{P_2}^2$: estimativa da variância entre plantas dentro do P₂ (Caserta);

$\hat{\sigma}_{F_1}^2$: estimativa da variância entre plantas dentro da geração F₁ (Whitaker x Caserta);

$\hat{\sigma}_{F_2}^2$: estimativa da variância entre plantas dentro da geração F₂ (Whitaker x Caserta);

$\hat{\sigma}_{RC_{11}}^2$: estimativa da variância entre plantas dentro da geração RC₁₁ [F₁ (Whitaker x Caserta) x Whitaker];

$\hat{\sigma}_{RC_{12}}^2$: estimativa da variância entre plantas dentro da geração RC₁₂ [F₁ (Whitaker x Caserta) x Caserta];

h_a^2 : herdabilidade no sentido amplo;

h_r^2 : herdabilidade no sentido restrito.

QUADRO 2. Componentes de médias das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_{11} e RC_{12} , e estimativas do grau médio de dominância (GMD) (Mather & Jinks, 1984; Ramalho et al., 1993). UFLA, Lavras – MG, 2003.

$$\bar{P}_1 = m - [a]$$

$$\bar{P}_2 = m + [a]$$

$$\bar{F}_1 = m + [d]$$

$$\bar{F}_2 = m + \frac{1}{2}[d]$$

$$\bar{RC}_{11} = m - \frac{1}{2}[a] + \frac{1}{2}[d]$$

$$\bar{RC}_{12} = m + \frac{1}{2}[a] + \frac{1}{2}[d]$$

$$\text{GMD} = d/a$$

Sendo que:

\bar{P}_1 , \bar{P}_2 , \bar{F}_1 , \bar{F}_2 , \bar{RC}_{11} , \bar{RC}_{12} são as médias estimadas de P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_{11} e RC_{12} respectivamente;

m : média dos genitores P_1 e P_2 ;

$[a]$: efeito gênico aditivo;

$[d]$: efeito gênico não-aditivo.

4.6 Teste da hipótese de herança monogênica

Os dados observados nas diferentes gerações foram utilizados para verificação da hipótese de herança monogênica, sob diferentes graus médios de dominância presumidos (Gomes et al., 2000).

A distribuição de frequência dos dados foi determinada para cada geração. Foi adotado um ponto de truncagem, abaixo do qual a maioria das plantas do genitor P_1 e acima do qual a maioria das plantas do genitor P_2 estarão situadas. No presente caso, a nota 2 foi escolhida como ponto de truncagem

(PT=2). A hipótese de herança monogênica foi testada sob vários graus médios de dominância (GMD), considerando as seguintes pressuposições:

- a) a distribuição dos dados em cada uma das gerações (P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_{11} e RC_{12}) segue uma distribuição normal;
- b) para cada uma das gerações parentais, a média verdadeira (\bar{P}_1, \bar{P}_2) foi considerada igual à respectiva média estimada e a variância verdadeira, considerada igual à respectiva variância estimada;
- c) com base nas respectivas curvas normais, foram estimadas as porcentagens esperadas de plantas em P_1 e P_2 com média menor ou igual ao ponto de truncagem (PT);
- d) a média verdadeira da população F_1 foi admitida como sendo:

$$\bar{F}_1 = \frac{(\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{2} + \text{GMD} \frac{(\bar{P}_2 - \bar{P}_1)}{2};$$
 sendo que o GMD é o grau médio de dominância presumido.

A variância verdadeira da população F_1 foi admitida como sendo igual à respectiva variância estimada;

- e) com base na distribuição normal da população F_1 foi calculada, para esta população, a porcentagem esperada de plantas com média \leq PT;
- f) sob hipótese de herança monogênica calculou-se, para F_2 , a frequência esperada do número de plantas com média \leq PT como sendo a média ponderada das frequências esperadas em P_1 , F_1 e P_2 , com ponderações de 1:2:1, respectivamente.
- g) sob a hipótese de herança monogênica calculou-se, para o RC_{11} e RC_{12} , as frequências esperadas do número de plantas com média \leq PT como sendo a média ponderada das frequências esperadas em P_1 e F_1 , com ponderações de 1:1, respectivamente, para o RC_{11} e a média ponderada das frequências esperadas em F_1 e P_2 , com ponderações de 1:1, respectivamente, para o RC_{12} .

- h) as frequências esperadas das plantas com média \leq PT obtidas para P_1 (item c), P_2 (item c), F_1 (item d), F_2 (item e), RC_{11} e RC_{12} (item g) foram multiplicadas pelo número de plantas avaliadas por geração, obtendo-se assim, o número esperado de plantas com média \leq PT sob a hipótese de herança monogênica com o grau de dominância GMD considerado;
- i) os números esperados de plantas em P_1 , P_2 , F_1 , RC_{11} e RC_{12} com médias \leq PT foram comparados aos números efetivamente obtidos, computando-se o valor de chi-quadrado com 4 g.l. (pois as frequências de P_1 e P_2 foram somadas em uma categoria). A soma de P_1 e P_2 foi feita devido a existirem frequências esperadas “zero” em algumas das classes consideradas;
- j) a significância do valor de chi-quadrado obtido levará à rejeição da hipótese de herança monogênica sob o grau de dominância considerado. Por outro lado, a não significância do valor de chi-quadrado obtido levará à não rejeição dessa hipótese, admitindo-se, então, a possibilidade de tratar-se de herança monogênica sob o GMD considerado.

4.7 Teste de modelos genéticos utilizando a função de verossimilhança

Silva (2003) propôs uma metodologia para modelar e estimar parâmetros relativos ao efeito de gene maior e poligenes ao se utilizarem gerações derivadas de linhagens contrastantes, considerando o método da máxima verossimilhança. A função da máxima verossimilhança foi constituída considerando uma característica que pode apresentar um gene de efeito maior, sendo que há variação entre indivíduos de um mesmo genótipo devido à ação de efeitos ambientais e/ou de genes de efeitos menores.

Com base nos componentes de média e variância (Mather & Jinks, 1984) funções de densidade de probabilidade foram assim estruturadas:

$$P_1 : f_1(y_{i1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left\{ -\frac{(y_{i1} - \mu + [a] + A)^2}{2\sigma^2} \right\},$$

$$P_2 : f_2(y_{i2}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left\{ -\frac{(y_{i2} - \mu - [a] - A)^2}{2\sigma^2} \right\}.$$

$$F_1 : f_3(y_{i3}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left\{ -\frac{(y_{i3} - \mu - [d] - D)^2}{2\sigma^2} \right\}.$$

$$RC_{11} : f_4(y_{i4}) = \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D - S_{AD}}} \exp \left\{ -\frac{(y_{i4} - \mu - \frac{[a]}{2} - \frac{[d]}{2} + A)^2}{2(\sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D - S_{AD})} \right\} +$$

$$+ \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D - S_{AD}}} \exp \left\{ -\frac{(y_{i4} - \mu + \frac{[a]}{2} - \frac{[d]}{2} - D)^2}{2(\sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D - S_{AD})} \right\}.$$

$$RC_{12} : f_5(y_{i5}) = \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D + S_{AD}}} \exp \left\{ -\frac{(y_{i5} - \mu - \frac{[a]}{2} - \frac{[d]}{2} - A)^2}{2(\sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D + S_{AD})} \right\} +$$

$$+ \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D + S_{AD}}} \exp \left\{ -\frac{(y_{i5} - \mu - \frac{[a]}{2} - \frac{[d]}{2} - D)^2}{2(\sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D + S_{AD})} \right\}$$

$$F_2 : f_6(y_{i6}) = \frac{1}{4} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 + (V_A + V_D)}} \exp \left\{ -\frac{(y_{i6} - \mu - \frac{[d]}{2} + A)^2}{2(\sigma^2 + (V_A + V_D))} \right\} +$$

$$+ \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 + (V_A + V_D)}} \exp \left\{ -\frac{(y_{i6} - \mu - \frac{[d]}{2} - D)^2}{2(\sigma^2 + (V_A + V_D))} \right\} +$$

$$+ \frac{1}{4} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 + V_A + V_D}} \exp \left\{ -\frac{(y_{i6} - \mu - \frac{[d]}{2} - A)^2}{2(\sigma^2 + V_A + V_D)} \right\}$$

Sendo que:

μ : constante de referência;

A : efeito aditivo do gene de efeito maior;

D : efeito de dominância do gene de efeito maior;

[a] : componente poligênico aditivo;

[d] : componente poligênico de dominância;

V_A : variância aditiva;

V_D : variância atribuída aos desvios de dominância dos efeitos poligênicos;

S_{AD} : componente da variação relativa aos produtos dos efeitos poligênicos aditivos pelos efeitos poligênicos de dominância;

σ^2 : variância ambiental.

As funções de densidade para RC_{11} e RC_{12} são constituídas pela mistura de duas densidades normais e F_2 por uma mistura de três distribuições normais, sendo que, em cada componente da mistura, os componentes de média e de variância dos poligenes não mudam, mudando apenas os efeitos do gene de efeito maior.

Na construção do modelo genético, considerou-se como o modelo mais geral aquele que apresenta a existência de gene de efeito maior mais poligenes com efeitos aditivos e de dominância e variâncias ambientais iguais em todas as gerações (Quadro 3). Admitiram-se ainda genes independentes (tanto poligenes como de efeito maior).

A partir das funções de verossimilhança para cada modelo foi possível compor testes de interesse, considerando diferentes hipóteses. Tais testes de

razão de verossimilhança foram feitos por meio da estatística LR (Modd et al., 1974). De maneira geral, a estatística LR é dada por:

$$LR = -2 \ln \frac{L(M_i)}{L(M_j)},$$

sendo $L(M_i)$ e $L(M_j)$ as funções de verossimilhança dos modelos i e j , em que o modelo i deve estar hierarquizado ao modelo j .

Os testes foram realizados utilizando um software estatístico denominado “Monogen v.0.1”, desenvolvido por Silva (2003).

QUADRO 3. Modelos de herança utilizados pelo programa Monogen. UFLA, Lavras, 2003

Modelo	Parâmetros
1 = gene maior com efeitos aditivo e de dominância + polígenes com efeitos aditivo e de dominância	$\mu, A, D, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
2 = gene maior com efeitos aditivo e de dominância + polígenes com efeito aditivo apenas	$\mu, A, D, [a], V_A, \sigma^2$
3 = gene maior com efeito aditivo apenas + polígenes com efeitos aditivo e de dominância	$\mu, A, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
4 = gene maior com efeito aditivo apenas + polígenes com efeito aditivo apenas	$\mu, A, [a], V_A, \sigma^2$
5 = polígenes com efeitos aditivo e de dominância	$\mu, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
6 = polígenes com efeito aditivo apenas	$\mu, [a], V_A, \sigma^2$
7 = gene maior com efeitos aditivo e de dominância	μ, A, D, σ^2
8 = gene maior com efeito aditivo apenas	μ, A, σ^2
9 = apenas efeito do ambiente	μ, σ^2

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Reação do inóculo viral em plantas indicadoras

O resultado da inoculação do PRSV-W nas plantas indicadoras é apresentado na Tabela 1. Conforme o esperado, o PRSV-W não foi capaz de infectar *Chenopodium amaranticolor*, *Chenopodium quinoa*, *Gomphrena globosa*, *Nicotiana tabacum* cv. Turkish NN e *Nicotiana benthamiana*, infectando, no entanto, *Cucurbita pepo* e *Luffa acutangula* (Milne & Grogan, 1969; Ávila, 1982; Purcifull, et al., 1984; Pavan, 1985; Veja et al., 1995).

5.2 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos

Observou-se, em todas as populações, rápida evolução na severidade dos sintomas, exceto na linhagem parental resistente Whitaker. Já na primeira avaliação, 10 dias após a primeira inoculação, a cultivar Caserta e as populações F₁, F₂ e RC₁₂ mostraram notas superiores às atingidas pela linhagem Whitaker na segunda e terceira avaliações. Na última avaliação, o vírus havia praticamente matado as plantas suscetíveis. A linhagem Whitaker mostrou algumas plantas com sintomas, mas em estádios mais avançados, devido provavelmente à grande concentração e multiplicação do vírus, o que pode ser comprovado pela morte rápida das plantas suscetíveis. Mesmo assim ficou bastante evidente a diferença entre as duas linhagens parentais. Enquanto a linhagem Whitaker apresentou média geral abaixo de 2,0, a cultivar Caserta apresentou média 4,0 já na primeira avaliação.

A resistência conferida pela linhagem Whitaker é do tipo tolerante, uma vez que foi possível a recuperação do vírus quando plantas de Whitaker foram retroinoculadas em *C. pepo* cultivar Asmara.

TABELA 1. Reação das plantas inoculadas mecanicamente com PRSV-W. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Plantas indicadoras	Sintomas
<i>Cucurbita pepo</i>	M
<i>Luffa acutangula</i>	Mq
<i>Chenopodium amaranticolor</i>	-
<i>Chenopodium quinoa</i>	-
<i>Gomphrena globosa</i>	-
<i>Nicotiana tabacum</i> cv. Turkish NN	-
<i>Nicotiana benthamiana</i>	-

- : sem sintomas; M : mosaico; Mq : mosqueado

TABELA 2. Notas médias das populações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁₁ e RC₁₂, e componentes de média para reação ao PRSV-W em abobrinha (*C. pepo*), em três avaliações (aos 10, 17 e 24 dias após a inoculação). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Populações	Médias		
	1ª avaliação	2ª avaliação	3ª avaliação
Whitaker	1,07	1,35	1,63
Caserta	3,97	4,77	4,96
F ₁	2,53	3,50	4,77
F ₂	3,29	4,30	4,84
RC ₁₁ (F ₁ x Whitaker)	1,46	2,60	3,86
RC ₁₂ (F ₁ x Caserta)	3,50	4,49	4,94
m	2,73 ± 0,1487	3,24 ± 0,1645	3,91 ± 0,2073
[a]	1,68 ± 0,1422	1,63 ± 0,1543	1,04 ± 0,1916
[d]	0,12 ± 0,6436	1,27 ± 0,7319	1,20 ± 0,5228
χ ²	0,2720 ^{NS}	0,3781 ^{NS}	0,7068 ^{NS}
GMD	0,0687	0,7811	1,1562

m : média estimada dos parentais P₁ e P₂

[a] : efeito gênico aditivo

[d] : efeito gênico não-aditivo

χ² : chi-quadrado para teste do modelo aditivo-dominante

GMD : Grau médio de dominância

As estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram variáveis dependendo da avaliação, tendo reduzido com a evolução da severidade de sintomas (Tabela 3). Mesmo com estimativas variáveis, ou considerando a menor estimativa na terceira avaliação (10,80), pode-se concluir que existe a possibilidade da seleção de materiais resistentes ao PRSV-W. Esta estimativa situa-se abaixo da encontrada quando se estudaram fontes de resistência de *C. maxima* e *C. moschata*. Trabalhando com a cultivar 'Várzea Alegre' (*C. máxima*), Maluf et al. (1985) encontraram herdabilidade no sentido amplo e restrito de 0,58 e 0,57, respectivamente. Maluf et al. (1997), trabalhando com materiais de *C. máxima*, obtiveram herdabilidades no sentido amplo que variaram de 0,44 a 0,59. Oliveira (1999), trabalhando com *C. moschata*, observou herdabilidades no sentido amplo variando de 0,39 a 0,97 em três avaliações para severidade de sintomas de PRSV-W.

A herdabilidade mede o quanto da variância fenotípica é devido à variância genética. Na distribuição de frequências apresentadas pelas populações, observou-se que na terceira avaliação 90% das plantas da geração F_2 apresentaram nota 5,0, o que reflete a baixa variância desta população (Figura 4). Foram encontradas apenas duas plantas com notas de severidade de sintomas menores que dois na população F_2 . Essa baixa herdabilidade sugere que se faça seleção mais branda e se avalie maior número de indivíduos quando se trabalha com essa fonte de resistência, e que a seleção de indivíduos resistentes deva ser seguida da sua autofecundação e de nova avaliação da resistência na progênie autofecundada.

TABELA 3. Variância das populações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁₁ e RC₁₂, e herdabilidade no sentido amplo para reação ao PRSV-W em abobrinha (*C. pepo*), em três avaliações (aos 10, 17 e 24 dias após a inoculação). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Populações	Variâncias		
	1ª avaliação	2ª avaliação	3ª avaliação
Whitaker	0,0623	0,4097	0,5493
Caserta	1,4483	0,3607	0,0879
F ₁	1,6080	1,5862	0,2926
F ₂	1,2199	0,7721	0,2710
RC ₁₁ (F ₁ x Whitaker)	0,7092	1,6782	1,9285
RC ₁₂ (F ₁ x Caserta)	1,4022	0,8323	0,0800
$\hat{\sigma}_E^2$	0,5255	0,6165	0,2417
$\hat{\sigma}_G^2$	0,6944	0,1556	0,0293
$\hat{\sigma}_A^2$	0,3285	-0,9662	-1,4665
$\hat{\sigma}_D^2$	0,3659	1,1218	1,4958
h_r^2	26,93	*	*
h_a^2	56,92	20,15	10,80

* Não calculado devido a estimativas negativas de variância aditiva

A adequação do modelo aditivo-dominante foi testada pela estimativa do χ^2 entre as médias esperadas e observadas (Tabela 2). A sua não significância indicou ser este o modelo adequado para explicar o controle do caráter, não necessitando da inclusão de interações epistáticas no modelo.

As estimativas do grau médio de dominância foram influenciadas pela severidade dos sintomas. Na primeira avaliação indica ser efeito gênico aditivo, enquanto nas outras duas avaliações o efeito gênico mostra ser de dominância parcial ou completa, no sentido da suscetibilidade ao PRSV-W (Tabela 2). As médias das populações F₁ e F₂ se aproximam da média da cultivar Caserta, reforçando a hipótese de ocorrência de dominância completa, ou quase completa, dos alelos que conferem suscetibilidade em relação aos alelos que conferem resistência.

A distribuição de frequência nas populações testadas indicam que a herança da resistência ao PRSV-W da linhagem Whitaker parece ser de natureza oligo ou poligênica (Figuras 2,3 e 4). As estimativas de χ^2 , referentes ao teste de herança monogênica do caráter, foram significativas ($P \leq 0,05$) para todos os graus médios de dominância presumidos (Figura 1), mostrando ser a resistência ao PRSV-W controlada por mais de um gene. Estes resultados corroboram com outros estudos com espécies *C. maxima* e *C. moschata*, os quais também mostram que a resistência ao PRSV-W é controlada por mais de um gene. A distribuição de frequência apresentada pelas populações F₂ e retrocruzamentos mostra-se bastante diferente de uma distribuição de caráter monogênico (Figuras 2, 3 e 4).

A resistência ao PRSV-W da linhagem Whitaker é derivada de *C. ecuadorensis*. Trabalhando com a cultivar Redlands Trailblazer, cuja resistência é também oriunda de *C. ecuadorensis*, Maluf et al. (1997) observaram que a resistência dessa cultivar era devido a pelo menos 2 genes com ação aditiva. Estudos de alelismo não foram realizados, mas é possível que tanto Whitaker como Redlands Trailblazer possuam os mesmos genes de resistência ao PRSV-W.

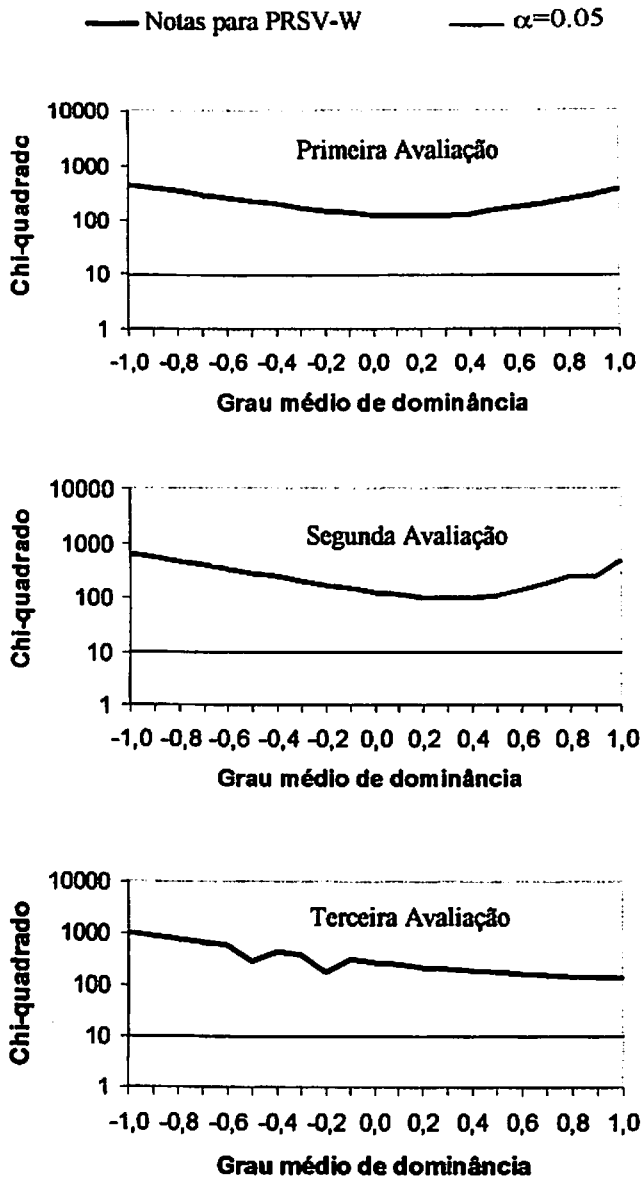


Figura 1. Teste da hipótese de herança monogênica sob diferentes graus médios de dominância para reação a PRSV-W em abobrinha (*C. pepo*) em três avaliações, respectivamente. UFLA, Lavras – MG, 2003.

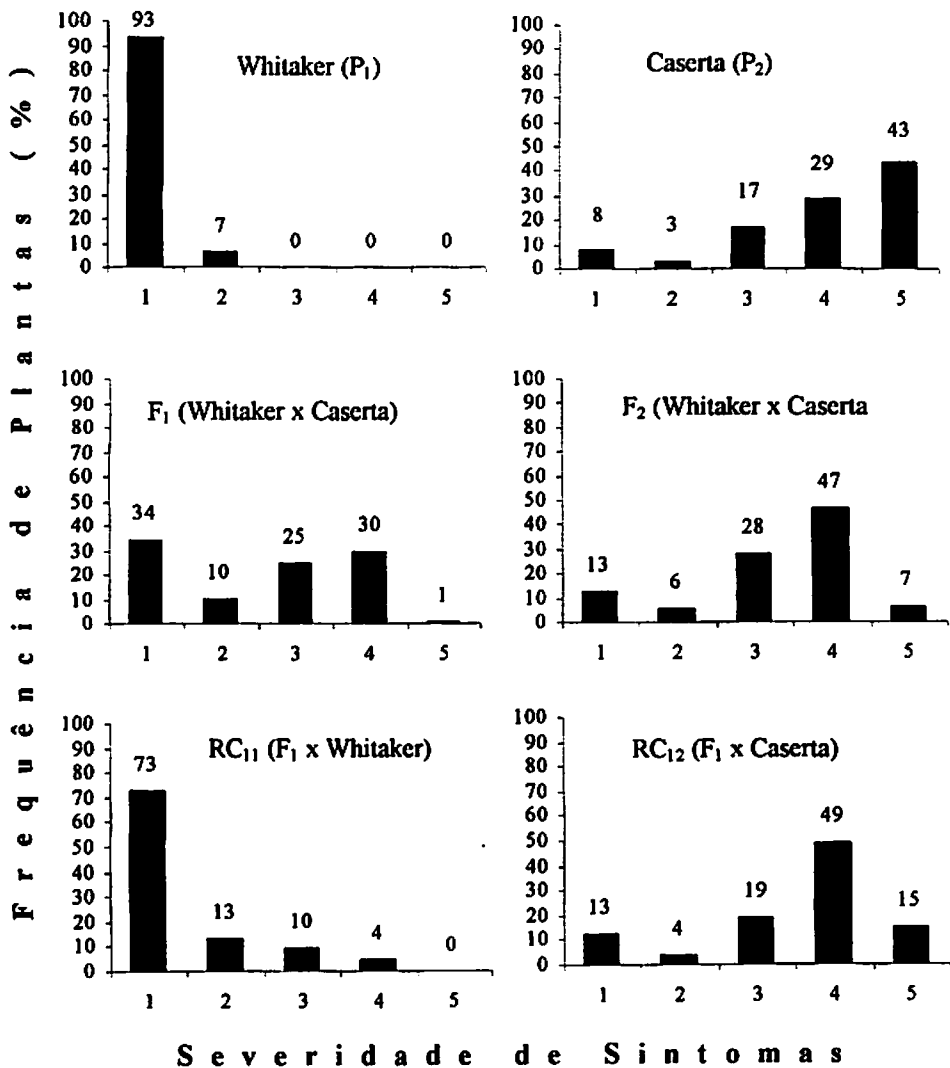


FIGURA 2 – Distribuição de frequências para reação ao PRSV-W dos parentais Whitaker e Caserta e das gerações F₁ (Whitaker x Caserta), F₂ (Whitaker x Caserta), RC₁₁ (F₁ x Whitaker) e RC₁₂ (F₁ x Caserta), referentes à primeira avaliação. UFLA, Lavras – MG, 2003.

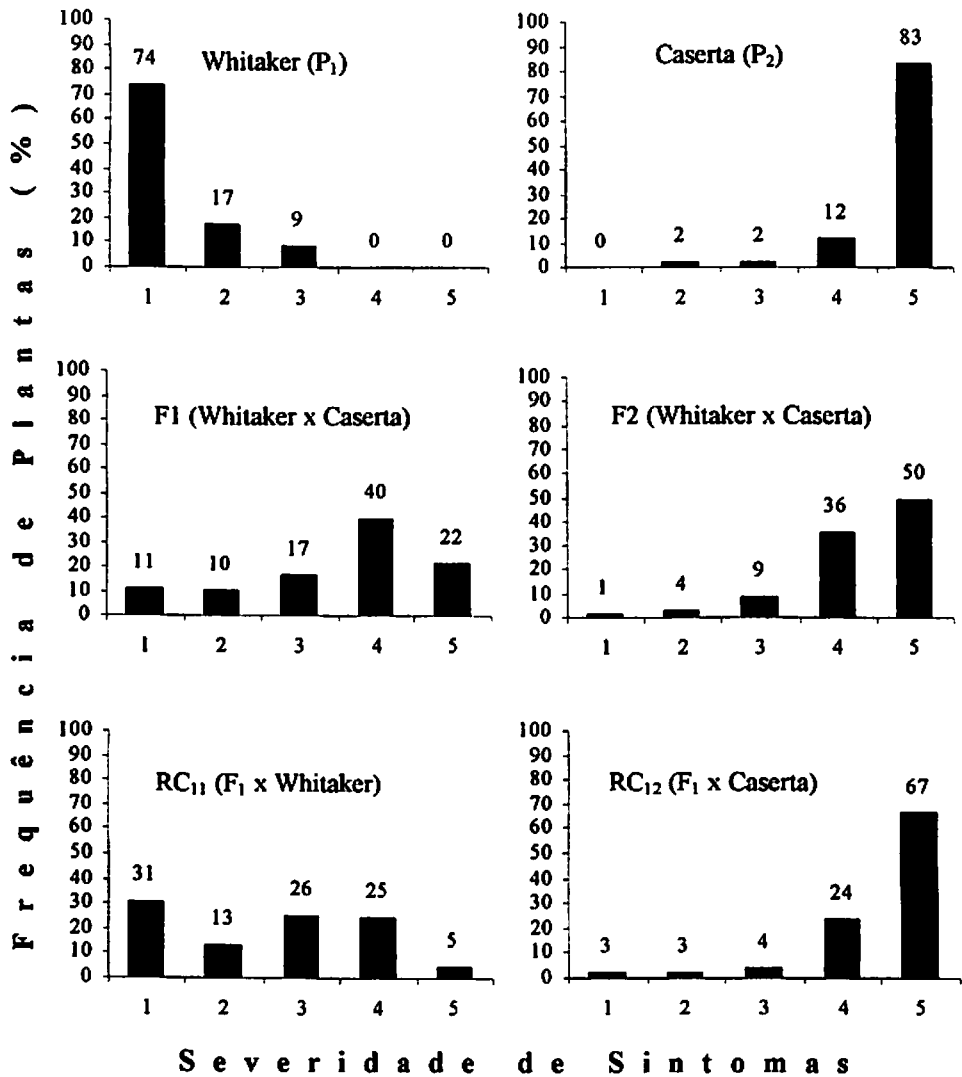


FIGURA 3 – Distribuição de frequências para reação ao PRSV-W dos parentais Whitaker e Caserta, e das gerações F₁ (Whitaker x Caserta), F₂ (Whitaker x Caserta), RC₁₁ (F₁ x Whitaker) e RC₁₂ (F₁ x Caserta), referentes à segunda avaliação. UFLA, Lavras – MG, 2003.

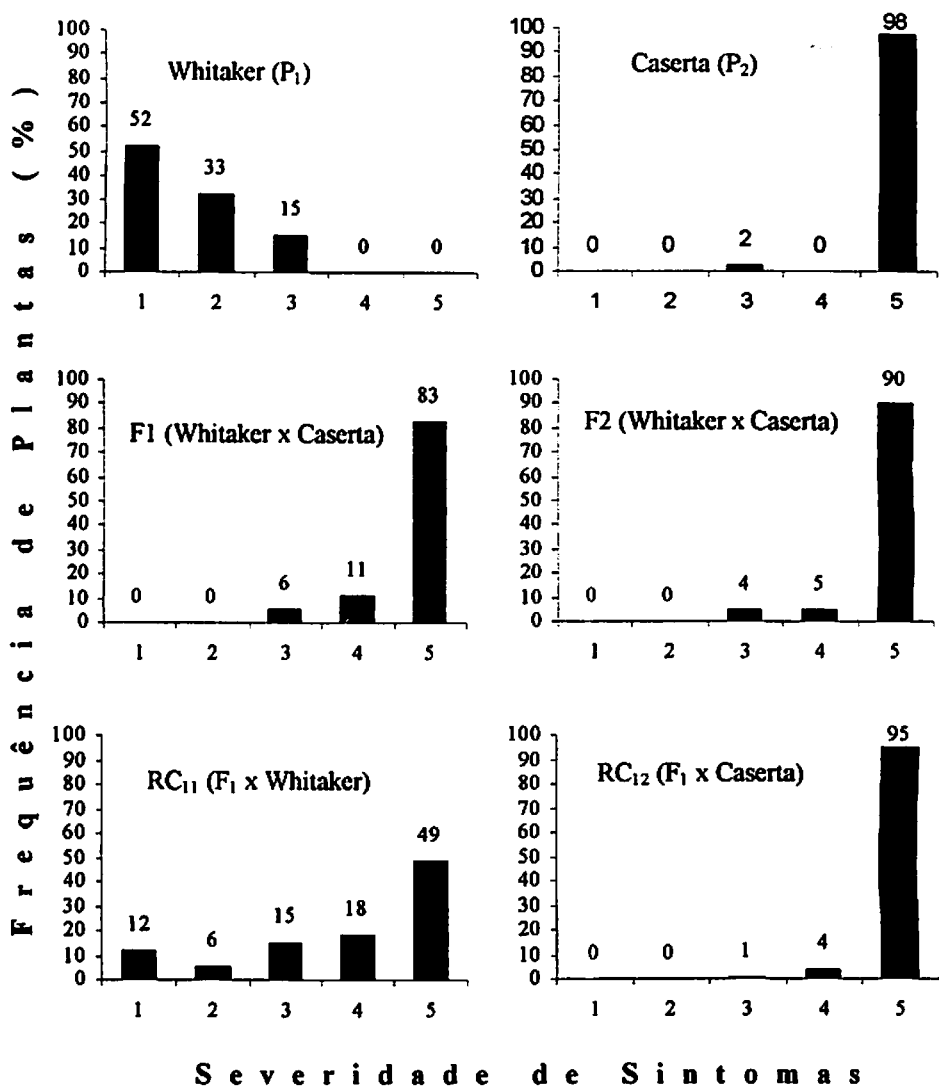


FIGURA 4 – Distribuição de frequências para reação ao PRSV-W dos parentais Whitaker e Caserta, e das gerações F₁ (Whitaker x Caserta), F₂ (Whitaker x Caserta), RC₁₁ (F₁ x Whitaker) e RC₁₂ (F₁ x Caserta), referentes à terceira avaliação. UFLA, Lavras – MG, 2003.

5.3 Teste de modelos genéticos utilizando a função de verossimilhança

Comparando o Modelo 1 ao Modelo 5 de Silva (2003), que confronta a existência de gene maior mais poligenes com apenas poligenes, rejeita-se H_0 logo há evidência de que existe um gene de efeito maior (Tabela 4). Testando o Modelo 1 vs. Modelo 7, que confronta a existência de um gene maior mais poligenes com apenas gene de efeito maior, rejeita-se H_0 , logo há evidência de efeitos poligenes (Tabela 4).

De início, poder-se-ia escolher o Modelo 1 como mais adequado para explicar a herança da resistência ao PRSV-W. No entanto, é necessário um teste de aderência para ver a adequação dos dados ao Modelo maior. A metodologia não testa a hipótese de existência de mais de um gene maior. Utilizando os componentes de média e variância gerados pelas funções de máxima verossimilhança, foi possível estabelecer a distribuição de frequência padronizada dos dados (Z) e compará-los aos dados observados, utilizando teste de χ^2 . O teste considerou a mistura de normais, como mostrado nas funções de densidade.

Pelo teste de aderência ficou provado que o Modelo 1 não foi suficiente para explicar a herança do caráter. Pressupõe-se, então, que a herança ao PRSV-W apresentado pela linhagem Whitaker é mais complexa do que os modelos testados, existindo a possibilidade de mais de um gene maior.

TABELA 4. Testes de hipóteses de modelos genéticos hierárquicos para resistência a PRSV-W. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Modelos	Graus de Liberdade	1ª avaliação		2ª avaliação		3ª avaliação	
		χ_c^2	Prob.	χ_c^2	Prob.	χ_c^2	Prob.
1 vs. 2	3	189,2923	0,000001	6,3259	0,096786	110,7687	0,000000
1 vs. 3	1	114,0884	0,000000	67,1732	0,000000	415,0541	0,000001
1 vs. 4	4	140,4525	0,000001	108,2040	0,000001	916,3455	0,000002
1 vs. 5	5	133,6411	0,000000	67,1731	0,000000	415,0541	0,000001
1 vs. 6	6	139,2031	0,000000	108,2040	0,000000	916,3455	0,000002
1 vs. 7	5	134,5237	0,000000	13,0096	0,023289	135,2933	0,000001
1 vs. 8	6	158,2269	0,000001	166,8853	0,000001	1035,3173	0,000002
1 vs. 9	7	461,8129	0,000001	487,5676	0,000001	1256,0822	0,000002
2 vs. 4	1	*	*	101,8781	0,000000	805,5768	0,000002
2 vs. 6	2	*	*	101,8781	0,000000	805,5768	0,000001
2 vs. 7	2	*	*	6,6837	0,035372	24,5246	0,000005
2 vs. 8	3	*	*	160,5593	0,000001	924,5485	0,000002
2 vs. 9	4	272,5206	0,000001	481,2417	0,000001	1145,3135	0,000002
3 vs. 5	1	19,5528	0,000010	*	*	0,0000	0,998978
3 vs. 6	4	25,1148	0,000048	41,0308	0,000000	501,2914	0,000001
3 vs. 8	5	44,1385	0,000000	99,7121	0,000000	620,2631	0,000001
3 vs. 9	6	347,7246	0,000001	420,3944	0,000001	841,0281	0,000002
4 vs. 6	1	*	*	*	*	*	*
4 vs. 8	2	17,7743	0,000138	58,6813	0,000000	118,9717	0,000001
4 vs. 9	3	321,3604	0,000001	379,3636	0,000001	339,7367	0,000001
5 vs. 6	3	5,5620	0,134976	41,0309	0,000000	501,2914	0,000001
5 vs. 9	5	328,1718	0,000001	420,3945	0,000001	841,0281	0,000002
6 vs. 9	2	322,6098	0,000000	379,3636	0,000001	339,7367	0,000001
7 vs. 8	1	23,7032	0,000001	153,8757	0,000000	900,0239	0,000002
7 vs. 9	2	327,2892	0,000001	474,5580	0,000001	1120,7889	0,000002
8 vs. 9	1	189,2923	0,000000	6,3259	0,011898	110,7687	0,000000

* Valor negativo, talvez devido a problemas de convergência

6 CONCLUSÕES

A resistência ao PRSV-W apresentada pela linhagem Whitaker é controlada por mais de um loco gênico.

O modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar o controle do caráter.

É possível a introdução da resistência a PRSV-W apresentada pela linhagem Whitaker em materiais nacionais comercializados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, A. C. Viroses de cucurbitáceas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 8, n. 85, p. 52-54, jan. 1982.

GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P. Inheritance of the resistant reaction of the cultivar 'Grand Rapids' to the southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. Euphytica, Wageningen, v. 114, n. 1, p. 37-46, 2000.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças das cucurbitáceas. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.) Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. v. 2, p. 325-337.

MALUF, W. R.; MOURA, W. de M.; SILVA, I. S. da; CASTELO-BRANCO, M. Screening of *Cucurbita* spp. Accessions for resistance to Watermelon Mosaic Virus-1. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, v. 9, n. 1, p. 161-167, mar. 1986.

MALUF, W. R.; PEREIRA, J. J.; FIGUEIRA, A. R. Inheritance of resistance to the papaya ringspot virus - watermelon strain in two different accessions of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) Euphytica, Wageningen, v. 94, p. 163-168, 1997.

MALUF, W. R.; SILVA, I. S.; MOURA, W. M. Inheritance of watermelon mosaic virus-1 (WMV-1) resistance in squash *Cucurbita maxima* Duch.

Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, v. 8, n. 1, p. 174-182, mar. 1985.

MATHER, K.; JINKS, J. L. Introdução à Genética Biométrica. Tradução de Francisco A. Moura Duarte. et al. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p. Tradução de: Introduction to biometrical genetics.

McCANDLESS, L. Geneva releases 'Whitaker' summer squash at the NYS Vegetable Conference Fev. 1998. Disponível em: <<http://www.nysaes.cornell.edu/pubs/press/1998/whitaker.html>>. Acesso em: 07 out. 1999].

MILNE, S.; GROGAN, R. G. Characterization of watermelon mosaic virus strains by serology and other properties. *Phytopathology*, St. Paul, v. 59, n. 6.; p. 809-818, June 1969.

MODD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. Introduction to the theory of statistics. 3. ed. Tóquio: McGraw-Hill Kogakusha, 1974. 564 p.

OLIVEIRA, A. C. B. Herança da resistência do vírus da mancha anelar do mamoeiro - estirpe melancia (PRSV-W) em *Cucurbita moschata* Duch e sua introgressão em *Cucurbita pepo* L. 1999. 74 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PAVAN, M. A. Vírus do mosaico da melancia: purificação, variabilidade e distribuição nas principais regiões produtoras de pepino e abobrinha de Minas Gerais. 1985. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PROVVIDENTI, R.; ROBINSON, R. W.; MUNGER, M. Resistance in feral species to six viruses infecting cucurbita. *Plant Disease Report*, St. Paul, v. 62, n. 4, p. 326-329, Apr. 1978.

PURCIFULL, D. E.; HIEBERT, E.; EDWARSON, J.; GONÇALVES, D. Papaya ringspot virus-kew. England, 1984. 8 p. (CMI/AAB Description of plant viruses).

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento de feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

ROBINSON, R. W.; REINERS, S. Parthenocarp in Summer squash. *HortScience*, Alexandria, v. 34, n. 4, p. 715-717, July 1999.

SALCEDO, M. J. G. de. Resistência ao mosaico da melancia raça 1 e sua herança em moranga *Cucurbita maxima* Duchesne. 1984. 76 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, SP.

SILVA, W. P. Estimadores de máxima verossimilhança em misturas de densidades normais: Uma aplicação em genética. 2003. 60 p. Dissertação (Mestrado em Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VEJA, J.; REZENDE, J. A. M.; YUKI, V. A. Detecção do vírus do mosaico amarelo da abobrinha-de-moita no Brasil: caracterização parcial de um isolado encontrado em São Paulo. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 1, p. 72-79, mar. 1995.

YUKI, V. A. Epidemiologia e controle do mosaico (VMM-Me) em abobrinha-de-moita. 1990. 84 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, SP.

ZAMBOLIN, E. M.; DUSI, A. N. Doenças causadas por vírus em cucurbitáceas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 17, n. 182, p. 60-62, 1995.

CAPÍTULO III

HERANÇA DA PARTENOCARPIA EM ABOBRINHA

1 RESUMO

MENEZES, Cicero Beserra de. Herança da partenocarpia em abobrinha (*Cucurbita pepo* L.). In: _____. Herança da partenocarpia e da resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro – estirpe melancia (PRSV-W) em abobrinha (*Cucurbita pepo* L.). 2003. Cap. 3, p.46-58. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.¹

O objetivo do presente trabalho foi estudar o controle genético da partenocarpia em abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) a partir do cruzamento entre a linhagem Whitaker (partenocárpica) e Caserta (não partenocárpica). Avaliaram-se os genitores Whitaker e Caserta, bem como as populações F₁, F₂ e retrocruzamentos para ambos os genitores. A partenocarpia foi avaliada utilizando-se uma escala de notas de 1 (frutos não partenocárpicos) a 5 (frutos partenocárpicos). Os genitores Caserta e Whitaker apresentaram notas médias para partenocarpia iguais a 1,55 e 4,2, respectivamente, o que denota o contraste entre os genitores para o caráter em estudo. Frutos oriundos de plantas partenocárpicas, não polinizadas, foram similares, em termos de aparência e formato, aos frutos oriundos de plantas polinizadas. As estimativas de herdabilidade evidenciaram a possibilidade de ganhos satisfatórios com a seleção de frutos partenocárpicos. O modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar o controle do caráter. A hipótese de herança monogênica não pode ser rejeitada na faixa de grau médio de dominância entre 0,2 e 0,5. A partir dos componentes de média estimou-se um grau médio de dominância de 0,3. A partenocarpia da linhagem Whitaker é controlada por um gene, com dominância parcial no sentido da expressão da partenocarpia.

¹Orientador: Wilson Roberto Maluf – UFLA

CHAPTER III

INHERITANCE OF PARTHENO-CARPY IN SUMMER SQUASH (*Cucurbita pepo* L.)

2 ABSTRACT

MENEZES, Cicero Beserra de. Inheritance of parthenocarpic fruit in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). In: _____. **Inheritance of parthenocarpic and of resistance to papaya ringspot virus – watermelon strain in summer squash (*Cucurbita pepo* L.)**. 2003. p.46-58. Thesis (Doctorate in Agronomy/ Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras. ¹

The inheritance of the tendency to set parthenocarpic fruit in summer squash (*Cucurbita pepo* L.) line Whitaker was studied. Parental lines Whitaker (parthenocarpic) and Caserta (non-parthenocarpic) and the generations F₁, F₂ and backcrosses to both parents were tested. Parthenocarpic of individual plants was scored using a scale from 1 (non parthenocarpic fruit) to 5 (parthenocarpic fruit). Whitaker produced parthenocarpic fruits and presented a mean score of 4.2, while Caserta did not set parthenocarpic fruits and had a score of 1.55. The heritability estimates indicated that genetic gains from selection are feasible. The additive-dominant model showed good fit, with epistasis being negligible or non-existent. The hypothesis of monogenic inheritance was not rejected within the mean degree of dominance range from 0.2 to 0.5. Parthenocarpic is controlled by a single locus, with incomplete dominance in the direction of parthenocarpic expression.

¹ Major professor: Wilson Roberto Maluf

3 INTRODUÇÃO

As cucurbitáceas, devido a possuírem flores masculinas e femininas em órgãos separados na mesma planta, necessitam de agentes polinizadores para produção de frutos. O pólen das cucurbitáceas é muito grande e pegajoso para ser transportado pelo vento.

A viabilidade de pólen nas flores masculinas recém-abertas é em torno de 92%, mas no momento em que elas se fecham (na mesma manhã de sua abertura) a viabilidade já cai para 75%, e no próximo dia será de apenas 10% (Nepi & Pacini, 1993). As flores femininas abrem-se pela manhã e se fecham ao meio dia. É importante que haja a polinização da flor feminina o mais cedo possível, no dia da sua abertura, enquanto o pólen ainda está viável. A atividade das abelhas é também importante em dias quentes, nos quais as flores fecham *mais cedo*.

Wolfenbarger (1965) estudou durante três anos a polinização em abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), verificando que quando as plantas dessa espécie foram livremente visitadas por insetos polinizadores a produção de frutos foi 500% superior à das plantas protegidas com tela para impedir a presença de insetos. Na presença de insetos polinizadores, a frutificação em *Cucurbita pepo* foi de 76,9%, enquanto em plantas protegidas contra a presença de insetos a frutificação foi nula, sendo que o vento não teve função alguma como agente polinizador (Amaral & Mitidieri, 1966). O desenvolvimento de frutos na ausência de polinizadores também foi nulo no oeste do Tennessee, EUA (Skinner & Lovett, 1992).

A maioria dos estudos sobre partenocarpia em cucurbitáceas tem sido realizados com a cultura do pepino. Os estudos de herança em pepino são discordantes quanto ao número de genes e o tipo de ação gênica predominantes no controle do caráter. Pike & Peterson (1969), Kim et al. (1992) sugerem que a

partenocarpia em pepino é controlada por um gene com dominância incompleta. Ponti & Garrestsen (1976) observaram que três genes maiores, independentes, com ação aditiva, juntos com epistasia do tipo homozigoto-heterozigoto, estão envolvidos na expressão do caráter.

Diferenças altamente significativas foram encontradas para os efeitos de capacidade geral e específica de combinação para a partenocarpia em pepino, sugerindo que ambos os efeitos, aditivos e não-aditivos, foram importantes no controle do caráter (El-Shawaf & Baker, 1981). Já Prohens et al. (1998) encontraram que a partenocarpia em pepino tem controle monogênico, sendo a partenocarpia dominante. Embora também haja interesse na obtenção de cultivares de abobrinha partenocárpicas, não há estudos conclusivos sobre a herança deste caráter em *C. pepo*.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o controle genético da partenocarpia apresentada pela cultivar de abobrinha 'Whitaker' (*Cucurbita pepo* L.).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, no período de março a maio de 2001. As populações avaliadas foram plantadas em bandejas de isopor com substrato Plantimax ® + casca de arroz carbonizada. Quando atingiram o estágio de duas folhas definitivas expandidas, as plantas foram transplantadas para canteiros com 1,2m de largura, com espaçamento de 1,0m.

Foram utilizados como genitores a linhagem de *C. pepo* Whitaker e a cultivar Caserta. A linhagem de abobrinha Whitaker é resistente a três doenças

virais e uma fúngica, tendo ainda a habilidade de formar frutos partenocárpicos. A cultivar Caserta é suscetível a viroses e não apresenta partenocarpia.

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada parcela foi constituída por uma planta. Avaliaram-se 51 plantas da linhagem Whitaker (P_1), 94 da cultivar Caserta (P_2), 53 da geração F_1 ($P_1 \times P_2$), 204 da geração F_2 , 75 do RC_{11} ($F_1 \times$ Whitaker) e 86 plantas do RC_{12} ($F_1 \times$ Caserta).

As avaliações da partenocarpia foram realizadas em nível de plantas individuais. As flores foram protegidas na tarde anterior à sua abertura para não permitir a polinização por insetos. Sete dias depois, flores protegidas foram abertas e avaliadas. Foram avaliados três frutos por planta. Cada nota compreende um fruto. Utilizou-se uma escala de notas de 1 a 5, conforme segue:

- 1 = Frutos com comprimento de até 09 cm ou com fundo mole e necrosado;
- 2 = Frutos com comprimento entre 09 e 11 cm;
- 3 = Frutos com comprimento entre 11 e 13 cm;
- 4 = Frutos com comprimento entre 13 e 15 cm;
- 5 = Frutos com comprimento acima de 15 cm.

Nesta escala, frutos que desenvolvem partenocarpicamente teriam notas 5 e flores abortadas devido à não polinização, notas 1. Os dados apresentados compreendem a média de três frutos por plantas. Durante a avaliação, frutos de pequenos diâmetros foram classificados em classes menores, pois existiam frutos de comprimento adequado a uma determinada classe, mas de diâmetro menor que 3cm, sendo considerados finos. Frutos oriundos de flores não protegidas foram destacados da planta para evitar competição na planta.

Utilizando as notas da severidade de sintomas, foram realizadas análises de variância e estimadas as variâncias genética ($\hat{\sigma}_G^2$), ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$),

fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) e de dominância ($\hat{\sigma}_D^2$), e a herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) e restrito (h_r^2) (Ramalho et al., 1993).

Os efeitos aditivos [a] e não aditivos [d] do(s) gene(s) que controla(m) o caráter foram estimados a partir das médias das gerações, pelo método dos quadrados mínimos ponderados (Mather & Jinks, 1984). Os dados observados nas diferentes gerações foram utilizados para verificação da hipótese de herança monogênica, sob diferentes graus médios de dominância presumidos como previamente descrito por Gomes et al. (2000) e utilizado no Capítulo 2. Foi utilizada a nota 3,0 como ponto de truncagem. O número de genes que controlam o caráter foi estimado utilizando a metodologia de Wright, descrita por Ramalho et al. (1993):

$$\eta = \frac{(P_1 - P_2)^2}{8(\sigma_G^2)}$$

Os modelos de herança propostos por Silva (2003) foram testados utilizando-se o programa “Monogen”, utilizando-se estimadores de máxima verossimilhança para testar a existência de um gene e/ou poligenes no controle do caráter.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos oriundos de plantas partenocárpicas, não polinizadas, foram similares aos de flores polinizadas, não ocorrendo mudanças na forma ou aparência que pudessem desqualificá-los comercialmente. Os genitores Caserta e Whitaker apresentaram notas médias para partenocarpia iguais a 1,55 e 4,2, respectivamente, o que denota o contraste entre ambos os genitores para o

caráter avaliado (Tabela 5). Muitos frutos da cultivar Caserta e alguns frutos das populações segregantes apresentaram necrose ou murchidez na parte apical do fruto, mostrando a necessidade da polinização para produção das respectivas plantas. Na Figura 5 são apresentados os frutos dos parentais e exemplos de frutos para cada nota de classificação utilizada.

As estimativas de herdabilidade, tanto no sentido amplo (51,6%) como restrito (35,3%), foram satisfatórias, mostrando a possibilidade de sucesso na seleção de materiais que apresentam partenocarpia (Tabela 5).

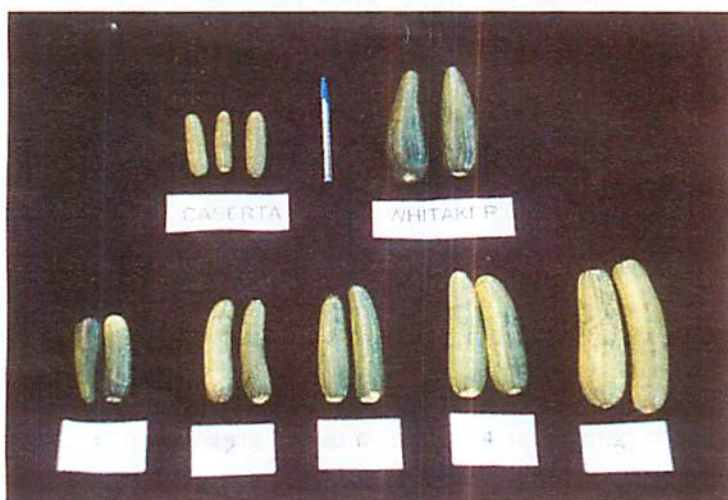


FIGURA 5. Escala de notas utilizadas para avaliação da partenocarpia em abobrinha. UFLA, Lavras – MG, 2003.

A adequação do modelo aditivo-dominante foi testada estimando o χ^2 . A não significância da estimativa de χ^2 indicou ser este o modelo adequado para explicar o controle do caráter, não necessitando da inclusão de interações epistáticas (Tabela 5).

O grau médio de dominância estimado foi próximo de 0,30, indicando a predominância de variância aditiva no controle do caráter.

TABELA 5. Médias das populações e parâmetros genéticos para partenocarpia em abobrinha (*C. pepo*). UFLA, Lavras-MG, 2003.

Populações	Notas para partenocarpia
Whitaker	4,16
Caserta	1,55 > 2,86
F ₁ (Whitaker x Caserta)	3,33
F ₂ (Whitaker x Caserta)	2,91
RC ₁₁ (F ₁ x Whitaker)	3,54
RC ₁₂ (F ₁ x Caserta)	2,47
Parâmetros	Estimativa
h_r^2	35,29
h_s^2	51,61
m	2,8197 ± 0,009
[a]	1,2738 ± 0,009
[d]	0,3775 ± 0,020
χ^2	0,0508
GMD	0,2963
η	0,97

m : média estimada dos parentais P₁ e P₂

[a] : efeito gênico aditivo

[d] : efeito gênico não-aditivo

χ^2 : chi-quadrado para teste do modelo aditivo-dominante

GMD : grau médio de dominância

η : número de genes

A hipótese de herança monogênica não pode ser rejeitada na faixa de grau médio de dominância que vai de 0,2 a 0,5 (Figura 7), a qual inclui a estimativa pontual de GMD = 0,2963. Esses dados corroboram a estimativa do número de genes quando utilizada a metodologia de Wright.

Os resultados mostram que a partenocarpia na linhagem Whitaker é controlada basicamente por um único loco gênico, com ação gênica de dominância parcial no sentido de expressão da partenocarpia.

Por ser um caráter de herança simples, a partenocarpia pode ser facilmente incorporada em cultivares comerciais.

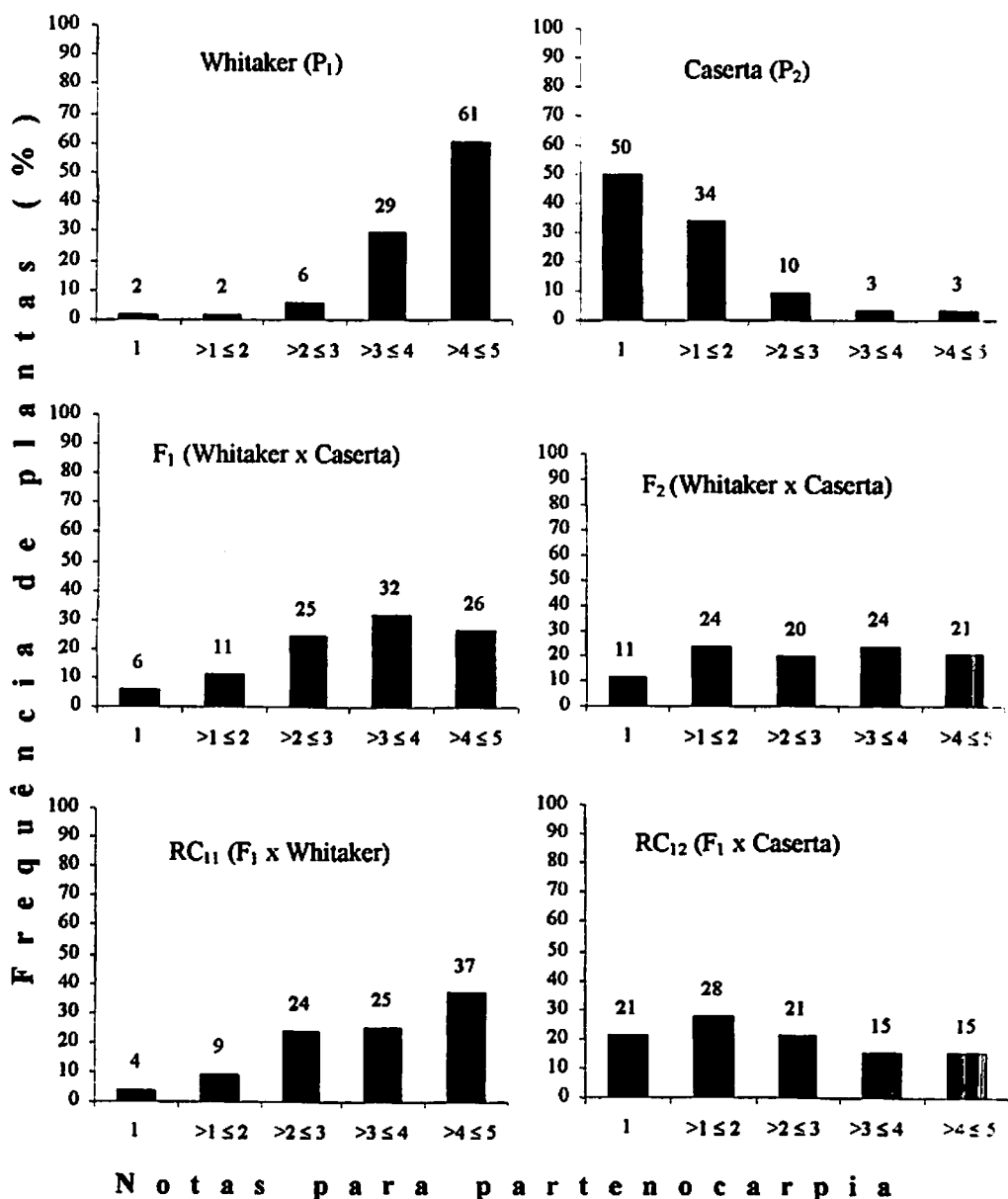


Figura 6. Distribuição de frequências para avaliação da partenocarpia dos parentais Whitaker e Caserta, e das gerações F₁, F₂, e respectivos retrocruzamentos. UFLA, Lavras – MG, 2003.

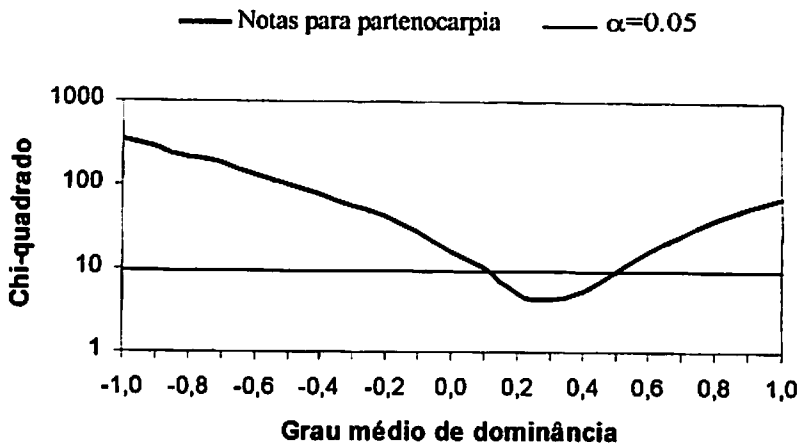


FIGURA 7. Teste da hipótese de herança monogênica sob diferentes graus médios de dominância para partenocarpia em abobrinha (*C. pepo*). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da análise de modelos genéticos propostos por Silva (2003). Comparando os modelos 1 e 5, que confronta a existência de gene de efeito maior mais poligenes com apenas poligenes, a hipótese H_0 é rejeitada, logo há evidência de que existe um gene de efeito maior. Da mesma forma, comparando os modelos 1 e 7 (Tabela 6), que confronta a existência de gene de efeito maior mais poligenes com apenas gene de efeito maior, a hipótese H_0 pode ser aceita, isto é, não há evidência de efeitos poligênicos.

Estes dados confirmam as estimativas encontradas anteriormente, mostrando que a herança da partenocarpia apresentada pela cultivar de abobrinha Whitaker é monogênica. As estimativas dos componentes de média [a] e [d] foram bastante similares às da análise anterior (1,276216 e 0,362283 respectivamente), mostrando um grau médio de dominância de 0,28 no sentido

da partenocarpia, também bastante similar à estimativa de 0,2963 obtida pelo método de Gomes et al. (2000).

TABELA 6. Testes de hipóteses de modelos genéticos hierárquicos, para herança da partenocarpia em abobrinha. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Testes	χ^2_c	Graus de Liberdade	Probabilidade
Modelo 1 vs. Modelo 2	9,311454	3	0,025424172
Modelo 1 vs. Modelo 3	0,135244	1	0,713055314
Modelo 1 vs. Modelo 4	11,766019	4	0,019178799
Modelo 1 vs. Modelo 5	10,024717	5	0,006655238
Modelo 1 vs. Modelo 6	20,541712	6	0,000988732
Modelo 1 vs. Modelo 7	1,396269	5	0,924720995
Modelo 1 vs. Modelo 8	12,071388	6	0,060395152
Modelo 1 vs. Modelo 9	230,026822	7	0,000000800
Modelo 2 vs. Modelo 4	2,455647	1	0,117183522
Modelo 2 vs. Modelo 6	11,230258	2	0,003642435
Modelo 2 vs. Modelo 7	*	2	*
Modelo 2 vs. Modelo 8	2,759934	3	0,430138009
Modelo 2 vs. Modelo 9	220,715368	4	0,000000730
Modelo 3 vs. Modelo 5	9,889473	1	0,001662245
Modelo 3 vs. Modelo 6	20,406468	4	0,000415203
Modelo 3 vs. Modelo 8	11,936144	5	0,035673356
Modelo 3 vs. Modelo 9	229,891578	6	0,000000948
Modelo 4 vs. Modelo 6	8,775693	1	0,003052642
Modelo 4 vs. Modelo 8	0,305369	2	0,858400342
Modelo 4 vs. Modelo 9	218,260803	3	0,000000721
Modelo 5 vs. Modelo 6	10,516995	3	0,014646133
Modelo 5 vs. Modelo 9	220,002105	5	0,000000751
Modelo 6 vs. Modelo 9	209,485110	2	0,000000723
Modelo 7 vs. Modelo 8	10,675119	1	0,001085810
Modelo 7 vs. Modelo 9	228,630553	2	0,000000657
Modelo 8 vs. Modelo 9	9,311454	1	0,002277145

* Valor negativo, provavelmente devido ao problema de convergência.

6 CONCLUSÕES

As estimativas de herdabilidade evidenciaram a possibilidade de ganhos satisfatórios com a seleção de plantas partenocárpicas.

O modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar o controle do caráter.

A hipótese de herança monogênica não pode ser rejeitada na faixa de grau médio de dominância entre 0,2 e 0,5.

A partenocarpia da linhagem Whitaker é controlada por um gene, com dominância parcial no sentido da expressão da partenocarpia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, E.; MITIDIERI, J. Polinização da aboboreira. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v. 23, p. 122-128, 1966.

EL-SHAWAF, I. I. S.; BAKER, L. R. Inheritance of parthenocarpic yield in gynoecious pickling cucumber for once-over mechanical harvest by diallel analysis of six gynoecious lines. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 106, n. 3, p. 359-364, May 1981.

GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P. Inheritance of the resistant reaction of the cultivar 'Grand Rapids' to the southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Euphytica*, Wageningen, v. 114, n. 1, p. 37-46, 2000.

KIM, I. S.; OKUBO, H.; FUJIEDA, K. Genetics and hormonal control of parthenocarpy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of the Faculty of Agriculture, Kiushu*, v. 36, n. 3/4, p. 173-181, 1992.

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução à genética biométrica**. Tradução de Francisco A. Moura Duarte et al. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p. Tradução de: Introduction to biometrical genetics.

NEPI, M.; PACINI, E. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany*, London, v. 72, n. 6, p. 527-536, Dec. 1993.

PIKE, L. M.; PETERSON, C. E. Inheritance of parthenocarpy in the cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Euphytica*, Wageningen, v. 18, n. 1, p. 101-105, May 1969.

PONTI, O. M. B.; GARRESTSEN, F. Inheritance of parthenocarpy in pickling cucumber (*Cucumis sativus* L.) and linkage with other characters. *Euphytica*, Wageningen, v. 25, n. 3, p. 633-642, Nov. 1976.

PROHENS, J.; RUIZ, J. J.; NUEZ, F. The inheritance of parthenocarpy and associated traits in pepino. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 123, n. 3, p. 376-380, May 1998.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento de feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

SILVA, W. P. **Estimadores de máxima verossimilhança em misturas de densidades normais: uma aplicação em genética**. 2003. 60 p. Dissertação (Mestrado em Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SKINNER, J. A.; LOVETT, G. Is one visit enough? Squash pollination in Tennessee. *American Bee Journal*, Hamilton, v. 132, p. 815, 1992.

WOLFENBARGER, D. D. Honey bees increase squash yields. *American Bee Journal*, Hamilton, v. 105, n. 2, p. 52, Feb. 1965.

