**HERANÇA DA RESISTÊNCIA À MURCHA DE
Phytophthora EM PIMENTÃO NA FASE
JUVENIL**

CLÁUDIA SILVA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Dr. Itamar Soares de Melo

**Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas.**

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Silva, Cláudia

S586h Herança da resistência à murcha de Phytophthora em pimentão
na fase juvenil. Piracicaba, 1992.
p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Fungo fitopatogênico 2. Murcha do pimentão 3. Pimentão -
Doença - Resistência 4. Pimentão - Melhoramento I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 635.643

HERANÇA DA RESISTÊNCIA À MURCHA DE
Phytophthora EM PIMENTÃO NA
JUVENIL

CLÁUDIA SILVA

Aprovada em: 12.02.1993

Comissão julgadora:

Dr. Itamar Soares de Melo

Prof. Dr. Isaias Olívio Geraldi

Prof. Dr. Hiroshi Kimati

CNPDA/EMBRAPA

ESALQ/USP

ESALQ/USP

Dr. ITAMAR SOARES DE MELO
Orientador

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a:

Alvacir Alberto Fedalto
Antônio Olímpio dos Santos
Carlos Alberto Lopes
Francisco Terasawa Jr.
Gilmar Paulo Henz
João Soares Filho
Jorge Roland M. dos Santos
José Branco de Miranda Filho
Leonardo de Brito Giordano
Maria Fátima B. F. Lima
Ossami Furumoto
Paulo Eduardo de Melo
Pedro Pereira da Silva

e ainda a:

ESALQ/USP
Departamento de Genética
CNPq
CNP Hortaliças/ EMBRAPA

e especialmente a:

Itamar Soares de Melo
Francisco J. B. Reifschneider

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. O Gênero <i>Capsicum</i>	03
2.2. Murcha do Pimentão	04
2.2.1. Sintomatologia	04
2.2.2. Epidemiologia	05
2.2.3. Etiologia	06
2.2.4. Controle	07
2.3. Resistência	08
2.3.1. Fontes de Resistência	08
2.3.2. Herança da Resistência	09
2.3.3. Melhoramento	11
2.3.4. Influência de Fatores Ambientais	12
2.3.4.1. Idade da Planta	12
2.3.4.2. Métodos de Inoculação	13
2.3.4.3. Isolados	15
2.3.4.4. Concentração de Inóculo	16
2.3.4.5. Temperatura	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Instalação dos Experimentos	18
3.1.1. Casa-de-vegetação	18
3.1.2. Produção de Inóculo	19
3.1.3. Método de Inoculação e Avaliação	20
3.2. Padronização do Método de Avaliação da Resistência na Fase Juvenil	20
3.2.1. Efeito da Data de Avaliação após a Inoculação	20

	Página
3.2.2. Efeito da Concentração de Inóculo	21
3.2.3. Efeito da Idade da Planta	22
3.2.4. Efeito da Temperatura	22
3.3. Avaliação da Resistência de Genótipos do BAG de <i>Capsicum</i> à <i>Phytophthora</i>	23
3.4. Estudo de Herança da Resistência na Fase Ju- venil	24
3.4.1. Genótipos Utilizados	24
3.4.2. Cruzamentos	26
3.4.3. Avaliação	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Padronização do Método de Avaliação da Resis- tência	28
4.1.1. Efeito da Data de Avaliação	28
4.1.2. Efeito da Concentração de Inóculo	33
4.1.3. Efeito da Temperatura	36
4.1.4. Efeito da Idade da Planta	38
4.2. Avaliação da Resistência na Fase Juvenil de Genótipos de <i>Capsicum</i>	43
4.3. Estudo de Herança da Resistência	51
4.4. Considerações Finais	59
5. CONCLUSÕES	60
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
01. Número médio de plantas tombadas dos genótipos CNPH 148, 173 e 192, do 3º ao 8º dias após a inoculação (d.a.i.) com <i>Phytophthora capsici</i> (plantas com 10 dias).....	29
02. Número médio de plantas tombadas dos genótipos CNPH 148, 173 e 192, do 3º ao 8º d.a.i. com <i>Phytophthora capsici</i> (plantas com 15 dias)...	30
03. Número médio de plantas tombadas dos genótipos CNPH 148, 173 e 192, do 3º ao 8º d.a.i. com <i>Phytophthora capsici</i> (plantas com 20 dias)....	32
04. Efeito de seis concentrações de inóculo (zobsp/ml) de <i>Phytophthora capsici</i> sobre o número de plantas tombadas dos genótipos CNPH 148, 173 e 192.....	34
05. Número médio de plantas tombadas de três genótipos de <i>Capsicum annuum</i> , inoculados com <i>Phytophthora capsici</i> em quatro idades diferentes na data de inoculação.....	41
06. Efeito da idade da planta (dias após a emergência) na data de inoculação com <i>Phytophthora capsici</i> sobre o número de plantas tombadas de três genótipos de <i>Capsicum annuum</i>	42
07. Esquema de distribuição de genótipos e fenótipos obtidos nas gerações F ₁ , RC ₁ , RC ₂ e F ₂ do cruzamento entre CNPH 148 e CNPH 192	58

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
01. Genótipos de <i>Capsicum</i> sp. para resistência a <i>Phytophthora capsici</i>	24
02. Número médio de plantas tombadas de três genótipos de <i>Capsicum annuum</i> inoculados com três concentrações de inóculo de <i>Phytophthora capsici</i>	35
03. Efeito da temperatura no número médio de plantas tombadas de três genótipos de <i>Capsicum annuum</i> , inoculados com <i>Phytophthora capsici</i> (5×10^4 zoósp./ml).....	37
04. Efeito da temperatura no número médio de plantas tombadas de três genótipos de <i>Capsicum annuum</i> inoculados com <i>Phytophthora capsici</i> (10^4 zoósp./ml).....	38
05. Número médio de plantas tombadas de três genótipos de <i>Capsicum annuum</i> inoculados aos 7 e 14 dias após a emergência (d.a.e.) com <i>Phytophthora capsici</i>	43
06. Reação de populações de <i>Capsicum</i> spp. a <i>Phytophthora capsici</i>	45
07. Reação de populações de <i>Capsicum</i> spp. a <i>Phytophthora capsici</i>	46

Tabela	Página
08. Reação de populações de <i>Capsicum spp.</i> a <i>Phytophthora capsici</i>	47
09. Reação de populações de <i>Capsicum spp.</i> a <i>Phytophthora capsici</i>	48
10. Reação de populações de <i>Capsicum spp.</i> a <i>Phytophthora capsici</i>	50
11. Comparação entre cruzamentos recíprocos para resistência em <i>Capsicum annum</i> a <i>Phytophthora capsici</i>	53
12. Dados de segregação para resistência em <i>Capsicum annum</i> a <i>Phytophthora capsici</i> nas gerações parentais, F_1 , retrocruzamentos e F_2 obtidos do cruzamento entre CNPH 148 e CNPH 192.....	54
13. Dados de segregação para resistência em <i>C. annum</i> a <i>P. capsici</i> nas gerações parentais, F_1 , retrocruzamentos e F_2 obtidos do cruzamento entre CNPH 173 e CNPH 192.....	55

HERANÇA DA RESISTÊNCIA À MURCHA DE *Phytophthora* EM PIMENTÃO NA FASE JUVENIL

Autora: CLÁUDIA SILVA

Orientador: DR. ITAMAR SOARES DE MELO

RESUMO

Determinou-se uma metodologia para avaliação da resistência de *Capsicum* na fase juvenil a *Phytophthora capsici*. Foram estudados os efeitos de idade de planta, concentração de zoósporos e temperatura sobre a expressão da resistência.

Os genótipos CNPH 148, CNPH 173 e CNPH 192 foram identificados como resistente, parcialmente resistente e suscetível, respectivamente, e foram usados nos cruzamentos para determinar o modo de herança na fase juvenil.

Uma concentração de 5×10^4 zoósporos/ml foi suficiente para causar tombamento em 100% das plantas do genótipo suscetível sem, contudo, afetar a resposta do material resistente. Em relação a temperatura, uma variação entre máxima de 26°C e mínima de 16°C foram ideais para distinguir o genótipo resistente do suscetível. A inoculação de plantas em diferentes idades mostrou que CNPH 148 foi resistente quando inoculado aos 7 e 14 dias após a emergência (d.a.e.). O genótipo CNPH 173 mostrou alta instabilidade, variando de resistente a parcialmente resistente.

A avaliação de 80 introduções do Banco de Germoplasma do CNPH/EMBRAPA permitiu a identificação de 12 fontes de resistência na fase juvenil a *P. capsici*: CNPH 134,

989, 287, 1398, 2171, 2172, 2174, 1397, 2176, 1386, 2175 e 2661.

A base genética da resistência na fase juvenil foi estudada inoculando-se plântulas com 15 d.a.e.. Os progenitores e as gerações F_1 , retrocruzamentos e F_2 de dois materiais resistentes e um suscetível foram avaliados em casa-de-vegetação. A segregação nas gerações F_2 obtidas dos cruzamentos entre CNPH 148 X CNPH 192 e CNPH 173 X CNPH 192 foi de 13R: 3S, indicando que a resistência é conferida por dois genes com epistasia dominante e recessiva. As flutuações observadas dentro das classes fenotípicas podem ser explicado por uma penetrância incompleta dos genes devido a presença de genes menores modificadores.

INHERITANCE OF RESISTANCE TO *Phytophthora* BLIGHT
IN SWEET PEPPER AT THE JUVENILE AGE

Author: CLAUDIA SILVA

Adviser: DR. ITAMAR SOARES DE MELO

SUMMARY

A standard method for evaluation of resistance of *Capsicum* in the juvenile age to *Phytophthora capsici* was determined. The effects of plant age, zoospore concentration and temperature on the resistance expression were studied.

The genotypes CNPH 148, CNPH 173 and CNPH 192 were identified as resistant, partly resistant and susceptible, respectively, and were used in crosses to determine the mode of inheritance in the juvenile age.

An inoculum concentration of 5×10^4 zoospores/ml was sufficient to damp off all susceptible plants without affecting the reaction of the resistant genotypes. Regarding to the temperature, 16 to 26°C was the range ideal to distinguish resistant from susceptible genotypes. The inoculation of plants at different ages showed that CNPH 148 was resistant when inoculated either at 7 and 14 days after the emergence. CNPH 173 showed high instability, varying from resistant to partly resistant.

The evaluation of 80 introductions of the CNPH/EMBRAPA germoplasm bank allowed the identification of 12 sources resistance of at the juvenile age: CNPH 134, 989, 287, 1393, 2171, 2172, 2174, 1397, 2176, 1386, 2175 and 2661.

The genetic basis of resistance at the juvenile age was studied by inoculating 15 day old seedlings. Progenitors, F_1 , backcrosses and F_2 populations of the two resistant and one susceptible materials were tested in greenhouse. The F_2 generations (148 X 192 and 173 X 192) fitted a 13 resistant : 3 susceptible ratio, which indicates a inheritance governed by 2 genes for resistance with dominant and recessive epistasis. The fluctuations within the fenotypic classes may be explained by incomplete penetrance of the resistant genes due to the presence of minor modifying genes.

1. INTRODUÇÃO

A murcha-de-fitóftora, cujo agente etiológico é o fungo *Phytophthora capsici* Leonian, é uma das doenças mais importantes da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), limitando sua produção em muitas áreas do mundo e também do Brasil, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Distrito Federal, Goiás e Rio de Janeiro. Foi identificada pela primeira vez no Brasil no estado de São Paulo, em 1951, causando sérios prejuízos a cultura do pimentão. Embora a doença seja favorecida por clima quente e chuvoso, quando ocorre com frequência a perda total dos plantios, o fungo tem causado sérios prejuízos em qualquer época do ano, em todos os locais onde se cultiva pimentão no Brasil.

O patógeno *P.capsici* ataca primeiramente o sistema radicular e o colo da planta, podendo também atacar a parte aérea. As plântulas sofrem murcha da parte aérea, em consequência da morte das raízes e necrose do colo; em seguida ocorre o tombamento.

Por ser um fungo do solo, o controle químico é difícil e economicamente inviável. O uso de cultivares resistentes é o método mais eficiente de controle.

Apesar de terem sido identificadas várias fontes de resistência e o modo de herança do caráter, não existe atualmente no mercado cultivares de pimentão resistentes a murcha-de-fitóftora. Isto pode ser explicado pelo uso de métodos de melhoramento inadequados e pelos critérios irregulares adotados durante o processo de seleção,

como método de inoculação, idade da planta, concentração de inóculo, isolado do fungo e temperatura. Existem relatos de quebra de resistência em germoplasmas de pimenta e pimentão quando inoculados na fase juvenil.

Pesquisas consideráveis têm sido feitas para identificar um tipo de resistência estável e durável a *P.capsici*, que se manifeste desde o estágio juvenil da planta. Além disso, a seleção de genótipos de *Capsicum* resistentes a *P. capsici* em plântulas permite ao melhorista a vantagem de trabalhar com uma população segregante grande, com economia de espaço e tempo.

Este trabalho teve como objetivo:

- a) Padronizar metodologia de avaliação de resistência na fase juvenil em *C.annuum* a *P.capsici*;
- b) Identificar novas fontes de resistência na fase juvenil de pimenta e pimentão a *P.capsici*;
- c) Estudar a herança genética da resistência na fase juvenil de *C.annuum* a *P.capsici*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Gênero *Capsicum*

Capsicum é um gênero da família *Solanaceae*, que cobre muitas espécies importantes economicamente como batata (*Solanum tuberosum* L.), berinjela (*S. melongena* L.), tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) e tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (GOVINDARAJAN, 1985).

Cerca de 20 a 30 espécies de *Capsicum* foram relatadas como tendo a sua origem no Novo Mundo. Linnaeus descreveu duas espécies, *C. annuum* e *C. frutescens*, em seu livro "Species Plantarum" e adicionou duas outras anos mais tarde. Atualmente, cinco espécies são conhecidas como cultivadas: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. pubescens* (HEISER & SMITH, 1953). Todas as cinco possuem espécies selvagens afins, com as quais apresentam possibilidades de troca de genes (CASALI & COUTO, 1984). Essas espécies selvagens não foram avaliadas cuidadosamente, mas aparentemente contêm fontes úteis de resistência a vírus, bactérias e doenças fúngicas (IBPGR, 1983).

C. annuum é extensivamente cultivada, enquanto que na América Latina a forma cultivada é *C. chinense* e nos EUA, leste da África e uma parte da Índia é *C. frutescens*. As outras duas espécies, *C. baccatum* e *C. pubescens* são cultivadas somente na América do Sul (GOVINDARAJAN, 1985).

Todas as espécies são predominantemente autógamas (HEISER & SMITH, 1953; GOVINDARAJAN, 1985). A taxa de polinização cruzada é variável, podendo ser tão baixa

quanto 0,5% ou atingir valores como 36% (CASALI et al., 1984). A polinização cruzada natural é devida primariamente ao vento e a insetos (GOVINDARAJAN, 1985). A autoincompatibilidade já foi registrada em algumas espécies selvagens, enquanto que em outras a presença de estiletes grandes permite a polinização cruzada (HEISER & SMITH, 1953).

Todas as espécies cultivadas de *Capsicum*, bem como as selvagens, são diplóides ($2n = 2x = 24$). *C. pubescens* parece estar isolada geneticamente das outras espécies cultivadas. Combinações híbridas entre as outras quatro espécies têm sido obtidas, com graus variáveis de fertilidade, assim como entre espécies cultivadas e selvagens (HEISER & SMITH, 1953; GOVINDARAJAN, 1985).

O pimentão, amplamente utilizado no estágio imaturo ou verde na forma de salada ou recheado, é mais apreciado em zonas temperadas do que nos trópicos. Seu conteúdo nutricional é relativamente alto e são boas fontes de vitaminas, particularmente vitamina C, e os tipos pungentes desidratados são ricos em vitamina A.

2.2. Murcha do Pimentão

2.2.1. Sintomatologia

Nas solanáceas, a doença manifesta-se desde a sementeira até a planta adulta. As plântulas quando atacadas sofrem murcha da parte aérea em consequência da morte das raízes e necrose do colo, tombando logo em seguida. Em condições de campo, a doença distribui-se em reboleira, tendo como sintoma característico murcha repentina, necrose de cor marrom no coleto e seca da planta (SALGADO & TOKESHI, 1980; MATSUOKA & ANSANI, 1984; POLTRONIERE, 1986). Em época chuvosa, o ataque pode iniciar-se pela parte aérea da planta. Os sintomas nos ramos são semelhantes aos do colo, ou seja,

necrose de tamanho variável circundando todo o caule, provocando murcha, amarelecimento e queda das folhas. As folhas atacadas apresentam lesões encharcadas, verde-escuras com limite definido, que depois expandem-se tornando-se amarronzadas e caem (MATSUOKA & ANSANI, 1984). Os frutos tendem a mumificar, tornando-se quase negros, enrugados, inodoros e presos ao caule, mostrando nítida separação entre tecidos doentes e sadios (SALGADO & TOKESHI, 1980).

2.2.2. Epidemiologia

O principal agente de disseminação da murcha-de-fitóftora do pimentão é a água de irrigação ou chuva, sendo que a sobrevivência do patógeno é maior em solo contendo entre 18 e 34% de umidade (RAMIREZ & COVA, 1980; ANSANI & MATSUOKA, 1982). A dispersão da doença na parte aérea pode ocorrer por meio de respingos de água, pelo contato direto entre os hospedeiros na parte aérea, por insetos ou por fatores mecânicos (DUNIWAY, 1987; WESTE, 1987).

A sobrevivência de oósporos no solo é bem maior do que a de micélio (RAMIREZ & COVAS, 1980). Esta sobrevivência foi atribuída à liberação de oósporos pela decomposição de tecidos infectados, já que estas estruturas podem permanecer viáveis por cerca de 200 a 240 dias no solo (ANSANI & MATSUOKA, 1983a). Os zoósporos têm baixa capacidade competitiva, não sobrevivem nem 70 dias no solo, enquanto que o micélio e os esporângios permanecem menos do que 120 dias em fragmentos de hipocótilo e raiz enterrados no solo (ANSANI & MATSUOKA, 1983b).

Em relação a sobrevivência em sementes infectadas, observou-se que estas não geram plântulas infectadas, mas a germinação é severamente afetada (MAFFIA & MATSUOKA, 1982). Dois dias após a remoção das sementes do fruto infectado, foi encontrado micélio e oósporos no tegumento, endosperma e embrião. Após cinco dias em condições

de laboratório, a recuperação do fungo foi quase nula e não se detectou o patógeno em sementes armazenadas por cinco dias em dessecadores (MAFFIA & MATSUKA, 1982).

Além de pimenta e pimentão, *P.capsici* é patogênico a diversas culturas, como tomate, abóbora, morango, melão, melancia, pepino, ervilha, berinjela, cenoura e jiló (URBEN, 1980; REGO & REIFSCHNEIDER, 1982; POLTRONIERI, 1986).

2.2.3. Etiologia

Em 1922, LEONIAN relatou pela primeira vez o fungo *Phytophthora capsici* como o agente etiológico da murcha ou requeima do pimentão.

P.capsici pertence à Divisão Eumycota, Sub-divisão Mastigomycotina, Classe Oomycetes e Ordem Peronosporales (Silveira, 1981, citado por COSTA, 1987).

A forma do esporângio pode ser sub-esférica, oval, oboval, elíptica, fusiforme, piriforme ou alongada (ALIZADEH & TSAO, 1984), medindo em média 60 X 36 μm (WATERHOUSE, 1970). Os esporângios desprendem-se facilmente quando maduros (ALIZADEH & TSAO, 1984) e são responsáveis pela produção de zoósporos, os principais agentes infectivos do fungo (WESTE, 1987). Os clamidósporos, quando produzidos, são relativamente pequenos (28 - 29 μm de diâmetro), com parede celular de 2,4 - 2,7 μm .

P.capsici é um fungo de natureza heterotática, caracterizada através dos grupos de compatibilidade A_1 e A_2 . Substâncias presentes no meio de cultura podem influenciar a produção de zoósporos em cruzamentos intraespecíficos de *P.capsici*, como suco V-8 e suco de tomate "Superbom" temperado (URBEN, 1980). Os zoósporos são esféricos, com diâmetro de 22 - 37 μm . No gametângio o número de cromossomos é $n = 8 - 12$ (ALIZADEH & TSAO, 1984).

A temperatura mínima para o crescimento do

fungo em cultura é de 6 - 9°C, a ótima fica em torno de 27 - 30°C e a máxima de 33 - 39°C (ALIZADEH & TSAO, 1984). A temperatura para a formação de esporângios situa-se entre 21 - 33°C, e a ótima de 24 - 27°C (RIBEIRO, 1987).

Há relatos da existência de estirpes de *P.capsici* para determinados hospedeiros (POLACH & WEBSTER, 1972; KUNIMOTO et al., 1976). No entanto, URBEN (1980) e SARAIVA (1982) não encontraram especificidade ou diferenças de patogenicidade. Em Minas Gerais não foi constatada a ocorrência de estirpes ou raças de *P.capsici* que se comportassem diferentemente (MATSUOKA, 1984).

2.2.4. Controle

O controle da doença é difícil depois que o patógeno se estabelece no solo, onde sobrevive por longos períodos (ANSANI & MATSUOKA, 1982).

Uma das estratégias de controle baseia-se no emprego de fungicidas específicos para Ficomicetos (Papavizas & Bower, 1982, citados por FERNÁNDEZ, 1988). Encontra-se no mercado a mistura Metalaxyl-Mancozeb, específica para o controle de *Phytophthora* e *Pythium*, que tem proporcionado bons resultados nos testes em pimentão, embora não tenha sido registrada para esta cultura (ANSANI & MATSUOKA, 1982).

O Metalaxyl é um fungicida sistêmico ativo especialmente contra membros dos Oomycetos, como *Phytophthora* spp. Este fungicida tem se mostrado altamente efetivo contra a murcha-de-fitóftora do pimentão pela inibição do crescimento micelial, germinação de zoosporos, liberação de zoosporos do esporângio e formação de esporângios, ainda que em baixas concentrações (BUYNG et al., 1990).

O controle químico é eficiente, porém de custo elevado e indutor de mudanças na composição genética do fungo. Foram encontrados biótipos de *P.capsici* resistentes a Metalaxyl (Reifschneider, 1982, citado por COSTA, 1987).

A maneira mais efetiva e segura de se controlar *P. capsici* é o uso de cultivares com resistência genética (MATSUOKA & ANSANI, 1984; FERNANDEZ, 1988; BOSLAND & LINDSEY, 1991).

2.3. Resistência

2.3.1. Fontes de Resistência

Em 1960, KIMBLE & GROGAN avaliaram 613 variedades de pimenta, todas compatíveis com *C. annuum*. Verificaram que cinco destas (PI 187331, PI 123469, PI 201232, PI 188476 e PI 201234) apresentaram alto grau de resistência, tendo sobrevivido um maior número de plantas de PI 201234. Na avaliação feita por SEGURA (1962), de 129 variedades de *Capsicum* spp. testadas, os genótipos 631-A Marinalco do México, PI 201232 e PI 201234 (KIMBLE & GROGAN, 1960) e o material peruano "Mishime Bravo Amarilla" (*C. pendulum*), comportaram-se como totalmente resistentes. Enquanto que PI 201235 e PI 159233 (Califórnia) e a variedade peruana Rocoto (*C. pubescens*) mostraram-se altamente resistentes.

De acordo com as avaliações de SOTIROVA et al. (1977), duas variedades, Mulato e Bogilszlo, mostraram-se totalmente resistentes.

Dentre os materiais avaliados por Redondo (1975), destacaram-se os tipos "Serranos" (*C. annuum*) conhecidos no México como "Criollo de Morelos" (CM), com níveis de resistência que variaram de 44 a 100% (ORTEGA & ESPAÑOL, 1982). A linha CM 334 nas avaliações de Redondo (1979) apresentou 100% de resistência (ORTEGA & ESPAÑOL, 1982).

No Brasil, MATSUOKA et al. (1984) avaliaram 396 introduções de *Capsicum* do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da Universidade Federal de Viçosa. Foram selecionadas cinco fontes de resistência a *P. capsici*,

oriundas das introduções BGH 176, BGH 2678, BGH 3032, BGH 3036 e BGH 3056. Todas pertencem a *C. annuum* e são do tipo pimenta.

BANJA (1989) descreveu uma introdução de pimenta ornamental picante como resistente. Apesar de apresentar as folhas basais amarelecidas, as plantas não mostraram sintomas de murcha. LOTZ & COSTA (1991) trabalharam com uma fonte de resistência pertencente a espécie *C. chinense*.

2.3.2. Herança da Resistência

O conhecimento do fator genético da resistência é importante no desenvolvimento de cultivares resistentes. Existem muitas divergências entre os trabalhos de pesquisa quanto ao controle genético da resistência de *Capsicum* spp. a *P. capsici*.

SMITH et al. (1967) estudaram a herança da resistência das linhagens PI 123469, PI 201232 e PI 201264 (Kimble & Grogan, 1960), juntamente com a cultivar suscetível Yolo Wonder. Sugeriram que a resistência é governada por 2 genes, que agem independentemente, conferindo alto nível de resistência aos materiais, mas não resistência total ao patógeno. SOLANES & LOTTI (1967) utilizando as mesmas introduções norte-americanas e cultivares da Argentina, França e Romênia, descreveram a resistência como sendo um caráter dominante. As linhas de Smith et al. (1967) foram avaliadas juntamente com um material francês por YAMAKAWA et al. (1979), que concluíram tratar-se de uma herança monogênica, com dominância incompleta.

Dos materiais testados por GUERRERO-MORENO & LABORDE (1980) apenas dois comportaram-se como totalmente resistentes, sendo sugerido que a resistência é controlada por dois pares de genes recessivos e independentes. Para SARAIVA (1982), que trabalhou com as linhagens BGH 176

(Santaka), BGH 2678 (Floral Gem), BGH 3232 (Chiroleze), BGH 3036 (Cubano Amarillo) e BGH 3056 (Mirasol), trata-se de uma herança recessiva (dois genes), influenciada por um gene modificador dominante.

A resistência em duas linhagens derivadas das variedades coreanas "Gimjorggochu" e "Shinpyong", é governada por um ou dois pares de genes dominantes (CHOI et al., 1984), enquanto que BARKSDALE et al. (1984) constataram que a resistência, nas duas fontes que trabalharam, é determinada por um par de genes com modificadores.

BANJA (1989), utilizando uma introdução de pimenta ornamental picante, LOTZ & COSTA (1991) uma linhagem de *C. chinense* e REIFSCHNEIDER et al. (1992) uma linha derivada de CM 334, concluíram que a resistência é controlada por dois genes, com epistasia dominante e recessiva. Os resultados obtidos por CRISTINZIO et al. (1992) sugerem que a resistência a *P. capsici* na linha CM 334 é devido a dois pares de genes dominantes.

A caracterização da resistência em *C. frutescens* L. sugere que o controle é feito por um único gene dominante, enquanto que para Saini & Rattan (1971) trata-se de um gene recessivo (ZEMA et al., 1992).

ORTEGA et al. (1992) estudaram a relação entre quatro genótipos de pimenta resistentes a *P. capsici*, onde a resistência está sob o controle de 3 genes. Os quatro materiais parecem ter em comum ao menos um dos três genes postulados para o caráter em questão.

Embora a maioria dos trabalhos tenha descrito que um ou dois genes são responsáveis pela resistência a *P. capsici*, práticas de melhoramento demonstram que a herança do caráter é um pouco mais complexa. É provável que a resistência esteja sob controle poligênico e dividida em vários componentes genéticos, distribuídos de forma desigual entre as variedades (ORTEGA & ESPAÑOL, 1982; POCHARD & DAUBEZE, 1982; PALLOIX et al., 1990).

2.3.3. Melhoramento

A introdução da resistência a *P.capsici* em cultivares de pimentão através do método de retrocruzamento não tem tido sucesso. Na Argentina foi desenvolvida a "linha nº 10" a partir da linha 491 de Smith et al. (1967) (SOLANES & LOTTI, 1970). A linha "PM 217" selecionada do material 493-1 (Smith et al., 1967) foi retrocruzada com a cultivar Yolo Wonder dando origem a linha "Phyo 636" (POCHARD & CHAMBONNET, 1971). A resistência da linha 493 também foi transferida a cultivar Yolo Wonder por ORTEGA & ESPAÑOL (1982), que a denominaram de "linha nº 2". Estas variedades têm mostrado um nível baixo de resistência quando comparadas com os parentais resistentes (ORTEGA & ESPAÑOL, 1983; PALLOIX et al., 1988b; PALLOIX et al., 1990; BARTUAL et al., 1991).

A cultivar norte-americana "Vf deo", tida como resistente, apresenta 8,9% de incidência de doença, enquanto que a cv. "Lady Bell" (moderadamente resistente) apresenta 22,2% (JOHNSTON & BARKSDALE, 1987). Um bom nível de resistência e produção foi obtido em duas cultivares de pimenta doce na Costa Rica, "Najera 2" e "172248" (JIMENEZ et al., 1990).

A linha mexicana CM 334 foi cruzada com a cultivar "Friariello" (*C.annuum*) e os resultados sugerem que a resistência é facilmente introduzida (CRISTINZIO et al., 1992).

O insucesso na obtenção de cultivares de pimentão resistentes a *P.capsici* pode ser explicado pelo controle poligênico deste caráter (POCHARD & DAUBEZE, 1982; PALLOIX et al., 1990) e pela ausência de critérios adequados de seleção (ORTEGA & ESPAÑOL, 1983; REIFSCHNEIDER et al., 1986b). O método de seleção recorrente parece ser o mais apropriado para este caso. PALLOIX et al. (1990), através de dois ciclos de seleção recorrente, obtiveram algumas linhas que mostraram um nível de resistência superior ao dos

parentais resistentes da população original, apesar desse progresso ter se mostrado irregular. Houve uma forte influência das condições ambientais durante a execução da seleção e avaliação dos materiais. Isto vem a comprovar a hipótese de ORTEGA & ESPAÑOL (1982) de que a resistência é horizontal com alguns aspectos de resistência vertical, que poderá se manifestar de acordo com as circunstâncias em que é feita a seleção. Assim, os genes de maior efeito na expressão da resistência são selecionados quase que independentemente do critério ou método de seleção utilizado, enquanto que genes de menor efeito, que provavelmente melhoram a ação de genes maiores, são mais difíceis de serem selecionados (ORTEGA & ESPAÑOL, 1983).

2.3.4. Influência de Fatores Ambientais

2.3.4.1. Idade da Planta

São vários os relatos sobre a quebra da resistência em genótipos de pimenta e pimentão devido a inoculação em plantas em idade jovem (REIFSCHNEIDER et al., 1986b). Alguns pesquisadores acreditam que a suscetibilidade de mudas de pimentão a *P.capsici* não é influenciada pela idade, embora a murcha ocorra mais rapidamente em plantas mais jovens. O desenvolvimento da doença em plântulas é mais rápido provavelmente devido a áreas menores de raízes e hipocótilos a serem colonizadas pelo patógeno, até que a planta entre em colapso total (ANSANI & MATSUOKA, 1983c; FERNANDEZ, 1983).

Com o objetivo de identificar fontes de resistência na fase juvenil a *P.capsici* em *Capsicum*, foram avaliados vários genótipos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Pimenta e Pimentão do CNPH/EMBRAPA. Destacaram-se dois materiais, CNPH 148 e CNPH 173, dentro de populações que apresentaram melhor desempenho na fase adulta (CAFÉ-FILHO &

REIFSCHNEIDER, 1986). Inoculações precoces aumentaram o número de plantas com reação de suscetibilidade, em todos os genótipos testados. A resistência aumentou com a idade cronológica até 40-47 dias, quando CNPH 148 e CNPH 173 comportaram-se como totalmente resistentes (CAFÉ-FILHO & REIFSCHNEIDER, 1986). Foi sugerido que plantas de pimenta são resistentes a partir do estágio de seis folhas (POCHARD & CHAMBONNET, 1971) e 40 dias após a semeadura (POCHARD et al., 1976).

BOSLAND & LINDSEY (1991) verificaram que é possível selecionar plantas de pimentão com 14 dias após a emergência para resistência a podridão de raiz, causada por *P. capsici*.

As idades das plantas na data de inoculação são bem variáveis, e sabemos que fatores ambientais exercem forte influência sobre o desenvolvimento da planta, tornando difícil o estabelecimento de uma correlação entre idade cronológica e estágio de desenvolvimento. Até o momento não foi possível avaliar a idade fisiológica de uma planta e isto deverá ser essencial para estabelecer procedimentos para a detecção de resistência em plântulas (REIFSCHNEIDER et al., 1986b).

2.3.4.2. Métodos de Inoculação

O método de inoculação adotado por KIMBLE & GROGAN (1960) e SEGURA (1962) consistiu na infecção de bandejas, onde estavam sendo cultivadas as plantas, com suspensão micelial. Os melhores materiais foram reinoculados, só que desta vez com suspensão de zoósporos. SMITH et al. (1967) e POLACH & WEBSTER (1972) colocaram a suspensão micelial diretamente nas raízes das plantas.

POCHARD & CHAMBONNET (1971) usando diferentes métodos de inoculação, determinaram como melhor a aplicação de um "plug" de micélio sobre o caule decapitado. CLEARJEAU

et al. (1976) chegaram à mesma conclusão quando testaram o método de POCHARD & CHAMBONNET (1971), em conjunto com inoculações em folhas destacadas e incorporação de inóculo no solo.

SOTIROVA et al. (1977) conduziram seus experimentos em condições de campo naturalmente infectado e em casa-de-vegetação, onde a inoculação foi feita mediante a pulverização das folhas com suspensão de zoósporos. Os índices de infecção em casa-de-vegetação foram maiores, provavelmente devido a condições ótimas ao desenvolvimento do patógeno. A inoculação foliar tem se mostrado inapropriada para seleções mais precisas (CLEARJEAU et al., 1976; KIM et al., 1989), além de que os fatores genéticos que governam a resistência em raízes e caule podem não ser operáveis em folhas (KIM et al., 1989).

O estudo sobre métodos de inoculação feito por REIFSCHNEIDER et al. (1986a) mostrou que somente quando a suspensão de zoósporos é aplicada na base da planta ou quando as raízes são imersas na suspensão, todas as plantas morrem. Entre as metodologias testadas por KIM et al. (1989) para a avaliação da resistência relacionada a idade, a inoculação de suspensão de zoósporos no solo foi a mais eficiente. Para POCHARD & CHAMBONNET (1971) e KHAN et al. (1992) a inoculação de suspensão de zoósporos na base da planta pareceu pouco efetiva, uma vez que resultou em escapes de plantas suscetíveis e infecção e morte de resistentes. A concentração de inóculo (CLEARJEAU et al., 1976; REIFSCHNEIDER et al., 1986a) assim como a umidade do solo são de vital importância para a eficácia deste método (REIFSCHNEIDER et al., 1986a). Para KHAN et al. (1992) a imersão de raízes em suspensão de zoósporos mostrou-se o método de inoculação mais adequado, além de ser simples de se manusear e rápido.

A técnica de inoculação usando zoósporos é melhor do que o uso de micélio, por estar estreitamente relacionada a condição natural e ser fácil de quantificar,

além dos zoósporos serem facilmente obtidos (URBEN, 1980; REIFSCHNEIDER et al., 1986a; BOSLAND & LINDSEY, 1991).

2.3.4.3. Isolados

A capacidade de *P.capsici* superar a resistência de plantas de pimenta é controlada pelo menos por dois pares de genes (POLACH & WEBSTER, 1972). A variabilidade na virulência pode ocorrer devido a trocas nucleares através da recombinação sexual, baseada em dois tipos de compatibilidade designados de A_1 e A_2 (KIM & HUANG, 1992). Foi demonstrado que zoósporos obtidos de pareamentos entre isolados patogênicos diferiram em sua capacidade de causar doença em plantas de pimenta (BOWERS & MITCHELL, 1991). Em adição a recombinação sexual, a manutenção de culturas de *Phytophthora* spp. in vitro por longo tempo pode causar variações em sua virulência (KIM & HUANG, 1992).

A presença de biótipos muito virulentos pode superar a resistência de *Capsicum* spp. a *P.capsici* em testes de inoculação artificial, bem como em condições de campo (ORTEGA & ESPAÑOL, 1983; BARKSDALE et al., 1984; REIFSCHNEIDER et al., 1986b; PALLOIX et al., 1988a).

Algumas linhas tidas como resistentes, como "Phyo 636" (CLEARJEAU et al., 1976), "235" e "493" (SMITH et al., 1967) mostraram-se suscetíveis a alguns biótipos de *P.capsici* (POLACH & WEBSTER, 1972; ORTEGA & ESPAÑOL, 1982).

A agressividade de doze isolados de *P.capsici* da Turquia foi comparada em duas linhas de pimenta parcialmente resistentes, "PM 217" e "Serrano Criollo de Morelos" (ABAK & POCHARD, 1984). Todos isolados turcos mostraram-se virulentos e a maioria deles foi muito agressiva, principalmente sobre a linha "PM 217". Nenhuma diferença significativa foi observada sobre a linha "Serrano Criollo de Morelos".

Os isolados de *P.capsici* revelam-se mais

agressivos em temperaturas mais altas, principalmente em variedades suscetíveis. As variedades resistentes e parcialmente resistentes não se mostram afetadas pela temperatura (ORTEGA et al., 1984a).

2.3.4.4. Concentração de Inóculo

Concentrações de inóculo muito altas de *P.capsici* podem superar ocasionalmente a resistência em *Capsicum*, resultando em sintomas em plantas consideradas resistentes (BARKSDALE et al., 1984; REIFSCHNEIDER et al., 1986b). Além da concentração de inóculo, o período de incubação também parece afetar grandemente a expressão de resistência em plantas de pimenta (SMITH et al., 1967; BARKSDALE et al., 1984). O tempo de saturação do solo é de suma importância para a produção e movimentação de zoósporos de *P.citrophthora* e *P.parasitica* (Stolzy et al., 1965, citados por ANSANI & MATSUOKA, 1983a).

Em testes feitos em casa-de-vegetação foi verificado que a concentração 10^4 zoósporos por planta foi suficiente para matar todas as plantas suscetíveis (ANSANI & MATSUOKA, 1983c; REIFSCHNEIDER et al., 1986b; BOSLAND & LINDSEY, 1991). A concentração 5×10^3 zoósporos por planta matou apenas um terço do genótipo suscetível (ORTEGA et al., 1984b). Em condições de campo 10^5 zoósporos por planta é considerada uma concentração ideal (REIFSCHNEIDER et al., 1986b).

As concentrações LD 50 para as variedades resistentes são altamente variáveis, 4385 a 97300 zoósporos para o isolado menos virulento (PALLOIX et al., 1988b). Essas concentrações são menores do que as indicadas anteriormente, provavelmente devido ao método de inoculação em meio líquido utilizado, que aumenta o contato raiz-zoósporos. No método de infestação do solo, muitos zoósporos não infectam as raízes

e encistam sobre partículas de solo, diminuindo a infectividade do esporo (PALLOIX et al., 1988b).

Os resultados podem ser influenciados por altos níveis de inóculo, que podem não ser representativos da relação infecção-inóculo que ocorre no campo. Baixos níveis de inóculo, tanto de zoósporos como oósporos, podem afetar a incidência de doença no campo, sob condições apropriadas (BOWERS & MITCHELL, 1991).

2.3.4.5. Temperatura

A expressão da resistência de *C. annuum* a *P. capsici* parece instável, uma vez que variou também com a temperatura (CLEARJEAU et al., 1976; POCHARD et al., 1976). Em materiais tidos como resistentes o fungo continuou o seu crescimento a 28 °C, o mesmo não foi observado a 22 °C (POCHARD et al., 1976). A cultivar "Phyo 636" mostrou-se mais resistente em temperaturas mais baixas (19 ± 3 °C) do que em altas ($25,7 \pm 3$ °C) (ORTEGA & ESPAÑOL, 1984a).

Quanto maior a resistência das linhas testadas, mais independente foi a sua resposta aos efeitos de temperatura; em linhas suscetíveis o parasita foi mais agressivo na temperatura elevada ($25,7 \pm 3$ °C) do que na temperatura baixa ($18,8 \pm 2,9$ °C) testadas (ORTEGA & ESPAÑOL, 1983; ORTEGA et al., 1984a). A diferenciação entre plantas suscetíveis e resistentes foi melhor nas temperaturas máxima de $25,7 \pm 3$ °C e mínima de $15,9 \pm 3$ °C (ORTEGA et al., 1987).

Aconselha-se que as inoculações de *P. capsici* em *Capsicum* sejam executadas sob temperaturas moderadamente altas (ORTEGA & ESPAÑOL, 1983).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação e no laboratório de Fitopatologia do Centro Nacional de Pesquisa de Hortalças (CNPH / EMBRAPA).

3.1. Instalação dos Experimentos

3.1.1. Casa-de-vegetação

O substrato utilizado para cultivar as plantas foi obtido através de uma mistura de solo peneirado, esterco de gado e palha de arroz queimada, na proporção de 3:1:1, e adubo químico N-P-K , fórmula 4-14-8. A mistura foi esterilizada com brometo de metila na dosagem de 50 cc para 100 litros de substrato.

Para obter uma germinação uniforme, as sementes foram tratadas com uma solução de 0,2% de KNO_3 . A semeadura foi feita em caixas de plástico (40 X 30 X 10 cm) contendo o substrato esterilizado.

As plantas foram mantidas até a véspera da inoculação em uma casa-de-vegetação com temperatura média de 27 °C. A inoculação foi feita em outra casa-de-vegetação, com $t_{\text{máx.}} = 26$ °C e $t_{\text{mín.}} = 16$ °C.

Os genótipos utilizados pertencem a Coleção de Germoplasma de *Capsicum* do CNPH. Como padrões de resistência foram utilizados CNPH 148, uma linha derivada do genótipo "Serrano Criollo de Morelos 334" (CM 334); e CNPH 173, selecionada da população BGH 3036 da Universidade Federal de

Viçosa-MG. Os dois materiais são do tipo pimenta e pertencem a espécie *C. annuum*. A linha CNPH 173 possui um nível menor de resistência a *P. capsici* do que a linha CNPH 148, mas apresenta como vantagem o fato de ser menos pungente e fruto do tipo pimentão. Como padrão suscetível foi utilizado o genótipo CNPH 192, a cultivar comercial "Magda" (Agroflora).

3.1.2. Produção de Inóculo

O isolado 2 de *P. capsici* utilizado nos experimentos pertence a Coleção do CNPH/EMBRAPA, e foi escolhido por apresentar um bom nível de virulência e boa esporulação em meio de cultura (REIFSCHNEIDER et al., 1986). O isolado foi mantido e periodicamente repicado para tubo de ensaio contendo meio de cultura batata-dextrose-água (BDA). Para o preparo de inóculo, o fungo foi repicado para placas de Petri contendo BDA, e incubadas a 27°C, no escuro, durante 4 a 6 dias. Em seguida, foram retirados pequenos discos de micélio do fungo, e colocados individualmente no centro de cada placa de Petri com meio de suco de tomate-água (200 ml de suco de tomate temperado "Superbom", 3 g de CaCO₃, 18 g de água e 800 ml de água destilada). As placas foram mantidas por 6 dias a 22 - 24°C sob luz fluorescente para estimular a esporulação. Após esse período, foram adicionados 10 ml de água por placa de Petri e deixadas por 2 horas a 4°C (REIFSCHNEIDER et al., 1986b). As placas permaneceram por mais uma hora em temperatura ambiente, para a liberação de zoósporos pelos zoósporangios. Com o auxílio de uma alça de Drigalsky, a superfície do meio foi raspada e a suspensão filtrada através de uma camada dupla de gaze, para reter os fragmentos de micélio.

A concentração de inóculo foi ajustada com o auxílio de um hemacitômetro.

3.1.3. Método de Inoculação e de Avaliação

Antes da inoculação, as caixas contendo as plântulas foram irrigadas até a saturação do solo e posteriormente duas vezes ao dia. O método de inoculação adotado foi a deposição de 3 ml de uma suspensão zoósporos na altura do colo da planta, sem molhar o caule (REIFSCHNEIDER et al., 1986b).

As avaliações foram feitas no 4º e 8º dias após a inoculação, através da contagem do número de plantas tombadas. As reações de suscetibilidade observadas foram caracterizadas pela necrose na base do caule (colo) e murcha, que culminaram com o tombamento das plântulas.

3.2. Padronização do Método de Avaliação para Resistência Juvenil

Este experimento visou estudar os efeitos de fatores ambientais na expressão de resistência a *P. capsici*, em genótipos de *C. annuum*, e determinar as condições ideais para avaliar a resistência no estágio de plântulas, evitando-se escapes.

3.2.1. Efeito da Data de Avaliação após a Inoculação

Este ensaio preliminar foi conduzido em casa-de-vegetação, com temperatura média de 26°C. O aparecimento de sintomas e desenvolvimento da doença foram avaliados diariamente até o 16º dia após a inoculação, em plantas com 10, 15 e 20 dias após a emergência. Foram utilizados 11 genótipos, incluindo CNPH 148, CNPH 173 e CNPH 192. Em cada caixa foram semeadas quatro fileiras, com sete plantas por fileira. Cada planta foi inoculada com 3 ml de suspensão de 10^4 zoósporos/ml (REIFSCHNEIDER et al., 1986b) na altura do colo. O desenvolvimento da doença foi avaliado separadamente para cada idade testada.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos em fatorial 11×16 e três repetições (7 plantas/repetição).

3.2.2. Efeito da Concentração de Inóculo

O objetivo deste experimento foi redefinir a concentração de inóculo mais adequada do isolado de *P. capsici* CNPH 2, para avaliação de resistência juvenil em condição de casa-de-vegetação.

Em um primeiro ensaio foram testadas as seguintes doses : 5×10^2 ; 10^3 ; 5×10^3 ; 10^4 e 5×10^4 zoosporos/ml, nos genótipos CNPH 173 e CNPH 192. O genótipo CNPH 148 (padrão de resistência) teve a sua germinação comprometida, e não participou deste ensaio. As plantas foram inoculadas com 15 dias após a emergência, com 3 ml de suspensão de inóculo, na altura do colo. A temperatura média durante a execução do experimento foi de $29,5^\circ\text{C}$ (máx. = 39°C ; mín. = 20°C).

Dois outros ensaios foram montados:

1. Plantas dos genótipos CNPH 148, CNPH 173 e CNPH 192, com 7 dias após emergência, foram inoculadas com suspensões de 5×10^4 , 10^5 e 5×10^5 zoosporos/ml (3 ml/planta).

2. Foram testadas duas concentrações, 5×10^4 e 10^5 zoosporos/ml, em plantas com 15 dias após a emergência (3 ml/planta). A temperatura média máxima foi de 26°C e a mínima de 16°C .

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos principais foram as concentrações de inóculo e os secundários foram os genótipos. Cada parcela foi composta por uma caixa de plástico, contendo três fileiras (subparcelas) com 7 plantas de cada um dos genótipos.

3.2.3. Efeito da Idade da Planta

Em casa-de-vegetação com temperatura média diurna de 23,5°C e noturna de 16,5°C, plântulas dos genótipos CNPH 148, CNPH 173 e CNPH 192, com 10, 15, 20 e 25 dias após a emergência, foram inoculadas inicialmente com uma suspensão de 10^4 zoósporos/ml do isolado CNPH 2.

Posteriormente foi montado outro ensaio, com plantas com 7 e 14 dias após a emergência, utilizando-se concentração de inóculo 5×10^4 zoósporos/ml. As temperaturas médias máxima e mínima no período foram respectivamente, 26 e 16°C.

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos principais foram idades na época de inoculação e os secundários foram os genótipos. Cada parcela constou de uma caixa de plástico, com três fileiras (subparcelas) com 7 plantas de cada um dos genótipos.

Ainda neste experimento, plantas dos genótipos CNPH 148, CNPH 173 e CNPH 192, com 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a emergência, cultivadas em vasos de meio litro (1 planta/vaso), foram inoculadas com 20 ml de uma suspensão de 5×10^4 zoósporos/ml. A finalidade deste ensaio foi observar o comportamento dos três genótipos citados anteriormente, quanto ao nível resistência a *P. capsici*, do estágio juvenil até a fase adulta da planta. O experimento seguiu um delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com 4 repetições. Os tratamentos principais foram idades da planta e os secundários genótipos. As parcelas foram compostas por 15 vasos, sendo cinco vasos de cada genótipo uma subparcela.

3.2.4. Efeito da Temperatura

O ensaio foi conduzido em dois ambientes, com

temperatura e umidade monitoradas, um com temperatura mais baixa ($t_{\text{máx.}} = 27,5^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{mín.}} = 17,7^{\circ}\text{C}$), e outro com temperatura mais alta ($t_{\text{máx.}} = 39^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{mín.}} = 20,4^{\circ}\text{C}$). A concentração de inóculo utilizada foi 10^4 zoósporos/ml. Plantas dos genótipos CNPH 148, CNPH 173 e CNPH 192 foram inoculadas com 10 e 15 dias após a emergência.

Foi montado um segundo ensaio aumentando-se a concentração de inóculo para 5×10^4 zoósporos/ml. No ambiente com temperatura mais alta, a média máxima foi de $38,7^{\circ}\text{C}$ e a mínima de $20,8^{\circ}\text{C}$, enquanto que no ambiente com temperatura mais baixa, a média máxima foi de $26,3^{\circ}\text{C}$ e a mínima de $15,9^{\circ}\text{C}$. Plantas dos genótipos CNPH 148, CNPH 173 e CNPH 192 foram inoculadas com 7 e 14 dias após a emergência.

O delineamento experimental foi blocos casualizados com parcelas subdivididas, com 4 repetições. Os tratamentos principais foram idades da planta na época de inoculação e os secundários genótipos. As parcelas foram compostas por caixas de plástico, contendo três fileiras cada (subparcelas), com 7 plantas de cada genótipo.

3.3. Avaliação da Resistência de Genótipos do BAG de *Capsicum* do CNPH à *Phytophthora*

A coleção de Germoplasma de *Capsicum* do CNPH/EMBRAPA conta atualmente com cerca de 400 introduções, tanto do Brasil como de outros países da América do Sul e Central, Ásia e Europa.

Para a identificação de novas fontes de resistência na fase juvenil a *P. capsici* foram avaliados, em condição de casa-de-vegetação, 80 populações de *Capsicum* spp., em 5 experimentos.

Os materiais avaliados, assim como suas procedências estão relacionados na tabela 01. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições (7 plantas/repetição).

A inoculação foi feita através da deposição de 3 ml de uma suspensão de 5×10^4 zoósporos/ml, no colo de plântulas com 15 dias após a emergência.

3.4. Estudo de Herança da Resistência Juvenil em *C. annuum* a *P. capsici*

3.4.1. Genótipos Utilizados

CNPH 148 - Linha selecionada do material "Serrano Criollo de Morelos 334" (CM 334) com resistência a *P. capsici*. Possui um nível elevado de resistência na fase juvenil.

CNPH 173 - Selecionada da população BGH 3036, com resistência a *P. capsici* na fase adulta. Possui resistência juvenil intermediária.

CNPH 192 - Cultivar comercial Magda da AGROFLORA. Suscetível a *P. capsici*.

Tabela 01. Genótipos de *Capsicum* sp. avaliados para resistência a *Phytophthora capsici*.

NÚMERO CNPH	POPULAÇÕES	PROCEDÊNCIA
148	CM 334	México
173	BGH 3036	Brasil
192	Magda	Brasil
134	BGH 176	Brasil
181	Pimentão Amarelo	Brasil
679	PI 159236	EUA
33	Long Sweet Yellow	EUA
143	MC-4	Malásia
640	Goliath	Hungria
1397	Pimenta	Brasil
660	Fry King	EUA
726	PI 281341	El Salvador
730	PI 338490	Bulgaria
750	PI 390966	Hungria
912	Pimenta Roxa Grande	Brasil

Tabela 01. Genótipos de *Capsicum* sp. avaliados para resistência a *Phytophthora capsici* (continuação).

NÚMERO CNPB	POPULAÇÕES	PROCEDÊNCIA
920	Aji Amarillo	Chile
961	Pimenta Malagueta	Brasil
991	<i>C. baccatum</i>	Holanda
994	Corne di Toro-Rosso	Itália
989	<i>C. baccatum</i>	Holanda
971	Olho de Peixe	Brasil
1359	<i>C. baccatum</i>	Brasil
968	Cereja	Brasil
727	PI 281383	México
966	Goliath	Hungria
1362	<i>C. baccatum</i>	Brasil
973	Pimenta Peão Grande	Brasil
972	Pimenta Amarela	Brasil
970	Pimenta de Cheiro	Brasil
51	Pimenta Fina	Brasil
28	Rocoto	Peru
2663	Pimenta Alongada	Brasil
403	BGH 2926	Brasil
579	Pimenta Doce	Brasil
2653	Pimenta Alongada	Brasil
1393	Malagueta Miúda	Brasil
2174	CM 331	México
1378	38-63-3	EUA
287	Pimenta Malagueta	Brasil
2657	Pimenta	Brasil
2196	Antibois	França
2659	Pimentão	Brasil
1424	<i>C. baccatum</i>	Brasil
2630	Calatauco	Argentina
2171	CM 320	México
1387	Mallorca-Paprika	Brasil
2172	CM 325	México
2200	Pimenta de Cheiro	Brasil
2272	Porto Rico Wonder	Brasil
974	Peão Verde-Amarelo	Brasil
2652	Pimenta	Brasil
1397	Pimenta	Brasil
2176	CM 334	México
1386	Pimenta Arapiraca	Brasil
1375	Early Callwonder	EUA
2658	Pimenta	Brasil
1402	Mallorca Doce	Brasil
2582	Rubi King Gigante	Argentina

Tabela 01. Genótipos de *Capsicum* sp. avaliados para resistência a *Phytophthora capsici* (continuação).

NÚMERO CNPH	POPULAÇÕES	PROCEDÊNCIA
1361	<i>C. baccatum</i>	Brasil
2175	CM 333	México
2661	Pimenta	Peru
1379	XVR-3-25	EUA
1374	<i>C. chinense</i>	Brasil
1376	10 R	EUA
675	PI 135824	Afganistão
674	PI 109252	Turquia
684	PI 164557	Espanha
713	PI 222134	Espanha
708	PI 196575	Argentina
681	PI 163184	Índia
709	PI 201241	México
649	Pant-C-1	EUA
646	Hatvani Hajtatb	Hungria
676	PI 135873	Paquistão
677	PI 138562	Irã
706	PI 193469	Etiópia
686	PI 164847	Índia
645	Gigante Amarelo	Brasil
191	Agrônômico 10-G	Brasil

3.4.2. Cruzamentos

Os cruzamentos dirigidos e autofecundações foram feitos em casa-de-vegetação. Na véspera da antese os botões foram emasculados e, uma vez feita a polinização, foram cobertos por um cone de papel alumínio fechado na base para evitar contaminação.

Foram feitos os seguintes cruzamentos:

CNPH 148 X CNPH 192

CNPH 192 X CNPH 148

CNPH 173 X CNPH 192

CNPH 192 X CNPH 173

Os híbridos F1 obtidos foram autofecundados (inclusive os recíprocos) e retrocruzados com as respectivas

linhas parentais, a fim de se obter as gerações F_2 e retrocruzamentos (RC_1 e RC_2).

3.4.3. Avaliação

Sementes de todas as gerações (F_1 , RC_1 , RC_2 , F_2 e recíprocos) como seus progenitores, foram semeados em caixas de plástico (40 X 30 X 10 cm) contendo solo esterilizado. Cinco fileiras, com 8 plantas por fileira, foram plantadas em cada caixa. Foram avaliadas 80 plantas das gerações F_1 , RC_1 e seus progenitores, e 280 plantas da geração segregante F_2 .

As plantas foram inoculadas com 15 dias após a emergência, com uma suspensão de 5×10^4 zoosporos/ml (3 ml/planta). A temperatura média máxima durante o período de execução do experimento foi 26°C e a mínima de 16°C . A avaliação foi feita no 4º e 8º dias após a inoculação.

A comparação entre cruzamentos recíprocos nas gerações F_1 , RC_1 , RC_2 e F_2 foi feita através do teste de X-Quadrado (SNEDECOR & COCHRAN, 1980). A avaliação das taxas de segregação entre plantas resistentes e suscetíveis nas gerações F_1 , RC_1 , RC_2 e F_2 , também foi feita pelo teste de X-Quadrado (SNEDECOR & COCHRAN, 1980).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Padronização do Método de Avaliação de Resistência na Fase Juvenil

4.1.1. Efeito da Data de Avaliação

A melhor data de avaliação para resistência de *C. annuum* a *P. capsici*, após a inoculação, foi estudada separadamente em plantas com 10, 15 e 20 dias após a emergência (d.a.e.).

Independente da idade da planta, os sintomas começaram a manifestar-se a partir do 3º dia após a inoculação (d.a.i.).

As avaliações foram feitas diariamente até o 16º dia, através da contagem do número de plantas tombadas. Foram verificadas diferenças significativas entre os genótipos quanto a resposta à inoculação, durante o período de avaliação.

Para plantas com 10 d.a.e., a partir do 4º d.a.i. a suscetibilidade ou resistência manifesta-se em sua totalidade (figura 01.). As plantas que tombam após este período não contribuíram significativamente na resposta dos materiais testados. O genótipo resistente CNPH 148 manteve-se inalterado ao longo do período de avaliação. No 3º d.a.i. estava definida a resposta de resistência de CNPH 173 a *P. capsici*, enquanto que o genótipo CNPH 192 manifestou

Figura 01. Número médio^{/1} de plantas (10 d.a.e.) tombadas dos genótipos CNPH 148, 173 e 192, do 3º ao 8º dias após a inoculação (D.A.I.) com *Phytophthora capsici* (10^4 zoosp./ml).

/1 Média de 4 repetições (7 plantas/rep.), comparadas pelo teste de Tukey (5 %). Análise realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0.5}$ (CV= 6,41 %).

Figura 02. Número médio^{/1} de plantas (15 d.a.e.) tombadas dos genótipos CNPH 148, 173 e 192, do 3º ao 8º dias após a inoculação (D.A.I.) com *Phytophthora capsici* (10^4 zoósp./ml).

/1 Média de 4 repetições (7 plantas/rep.), comparadas pelo teste de Tukey (5 %). Análise realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0.5}$ (CV= 7.14 %).

praticamente toda sua suscetibilidade no 5^o d.a.i. (Figura 01.). Os oito genótipos que também foram avaliados (não constam nas figuras) comportaram-se como altamente suscetíveis, e do 4^o ao 16^o dias não houve diferenças entre as avaliações.

Houve um retardamento no início do tombamento em plantas com 15 d.a.e.. Apesar de os sintomas começarem a aparecer no 3^o d.a.i., a maioria das plantas tombaram no 5^o d.a.i. (figura 02.). O genótipo CNPH 148 comportou-se como altamente resistente, enquanto que até o 6^o d.a.i. ainda tombavam plantas de CNPH 173. Apenas com 3 dias após a inoculação o genótipo CNPH 192 diferiu significativamente dos demais. Os genótipos tiveram a suscetibilidade manifestada em sua totalidade no 5^o d.a.i..

O comportamento de plantas com 20 d.a.e. foi semelhante ao de plantas com 15 dias, ou seja, a resposta dos genótipos na manifestação dos sintomas parece estar definida no 5^o d.a.i. (figura 03.). Alguns genótipos suscetíveis responderam mais lentamente à inoculação, ou seja, só a partir do 7^o d.a.i. é que não houve diferença significativa entre as datas de avaliação. Este resultado nos leva a concordar com alguns pontos defendidos por MATSUOKA & ANSANI (1984), no que diz respeito a influência da idade na velocidade com que as plantas morrem; plantas mais jovens tendem a entrar em colapso total mais rapidamente do que plantas mais velhas.

Com base nestes resultados, adotamos duas datas de avaliação, no 4^o e 8^o dias após a inoculação. A leitura no 8^o d.a.i. garantiu a confiabilidade dos dados.

Figura 03. Número médio^{/1} de plantas (20 d.a.e.) tombadas dos genótipos CNPH 148, 173 e 192, do 3º ao 8º dias após a inoculação (D.A.I.) com *Phytophthora capsici* (10^4 zoosp./ml).

/1 Média de 4 repetições (7 plantas/rep.), comparadas pelo teste de Tukey (5 %). Análise realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0.5}$ (CV=9.42 %).

4.1.2. Efeito da Concentração de Inóculo

Das cinco concentrações testadas inicialmente, apenas 5×10^4 zoósporos/ml (3 ml/ planta) causou o tombamento total das plantas do genótipo suscetível CNPH 192, com 15 d.a.e. (figura 04.). A concentração 10^4 zoósp./ml não diferiu significativamente de 5×10^4 zoósp./ml. O genótipo CNPH 173 teve 39% das tombadas com a dose de inóculo de 5×10^4 zoósp./ml no primeiro ensaio (CV= 23,83 %), enquanto que no segundo 0 % de plantas nas duas concentrações testadas (CV = 12,46 %).

Em plantas com 7 dias foram testadas as concentrações 5×10^4 , 10^5 e 5×10^5 zoósp./ml. Não houve diferença significativa entre as três concentrações avaliadas, todas causaram tombamento das plantas do material suscetível CNPH 192 e não alteraram a resposta de CNPH 148 e CNPH 173 (tabela 02.). CNPH 173 tem se mostrado muito instável quanto a expressão de sua resistência, que varia a cada ensaio, o que não acontece com CNPH 148.

A partir deste experimento foi adotada a concentração 5×10^4 , mais eficiente do que 10^4 zoósp./ml, uma vez que não permitiu escapes, além de não ter diferido significativamente de 10^5 e 5×10^5 zoósp./ml e de não ter alterado o comportamento do genótipo resistente. Resultado semelhante foi obtido por ANSANI & MATSUOKA (1983c) e REIFSCHNEIDER et al. (1986b).

Os resultados podem ser influenciados por altos níveis de inóculo, que não representam a relação infecção-inóculo que ocorre no campo (KIM et al., 1989; BOWERS & MITCHELL, 1991). A taxa de doença geralmente é maior em casa-de-vegetação do que no campo (REIFSCHNEIDER et al., 1986b).

Figura 04. Efeito de seis concentrações de inóculo (zoósp/ml) de *Phytophthora capsici* sobre o número de plantas tombadas de CNPH 173 e 192 inoculadas com 15 d.a.e..

/1 Média de 4 repetições (7 plantas/rep.).

Tabela 02. Número médio^{/1} de plantas tombadas de três genótipos de *Capsicum annuum*, inoculados com três concentrações de *Phytophthora capsici* aos 7 dias após a emergência (d.a.e.).

GENÓTIPOS	CONCENTRAÇÕES (zobsp./ml)		
	5 X 10 ⁴	10 ⁵	5 X 10 ⁵
CNPH 148	0,00 b*	0,00 b	0,00 b
CNPH 173	0,20 b	0,43 b	0,50 b
CNPH 192	7,00 a	7,00 a	7,00 a
CV(%) ^{/2}	12,21		

/1 Cada valor representa a média de 4 repetições (7 plantas/repetição).

/2 A análise foi realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0.5}$.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

A infectividade dos zoósporos também pode variar com o método de inoculação utilizado e por períodos prolongados de incubação (KIM et al., 1989). Outro fator importante é a mobilidade de zoósporos, que quando encistados são menos virulentos do que quando móveis (ANSANI & MATSUOKA, 1983b); provavelmente os zoósporos móveis têm maior possibilidade de atingir o sítio de infecção, enquanto que os encistados, além de não se locomoverem, germinam e tornam-se mais suscetíveis à lise por antagonistas (Mc INTOSH, 1972; citado por ANSANI & MATSUOKA, 1983b).

STOLZY et al. (1965), citados por ANSANI & MATSUOKA (1983b), observaram que o tempo de saturação do solo

é mais importante que a frequência de irrigação para produção e movimentação de zoósporos de *P.citrophthora* e *P.parasitica*.

4.1.3. Efeito de Temperatura na Expressão da Resistência

A temperatura média máxima de 38,9°C, os genótipos CNPH 148, CNPH 173 e CNPH 192 quando inoculados aos 10 e 15 dias de idade, com 3 ml de 10⁴ zoósp./ml, não diferiram um do outro (tabela 03.). Nos dois ambientes com plantas com 10 d.a.e. do genótipo CNPH 173 comportaram-se como intermediárias em relação a CNPH 148 e CNPH 192, resistente e suscetível respectivamente (tabela 03.).

Utilizando-se uma concentração de inóculo de 5X10⁴ zoósp./ml, plantas do genótipo CNPH 173 com 7 d.a.e. mostraram-se parcialmente resistentes nos dois ambientes avaliados. CNPH 173 foi mais resistente aos 14 d.a.e., nos dois ambientes, não diferindo significativamente de CNPH 148 (tabela 04.).

O genótipo resistente mantém-se praticamente inalterado aos efeitos de temperatura, que exerce maior influência nos materiais com resistência intermediária e suscetível. Resultados semelhantes foram obtidos por ORTEGA et al. (1984a), que trabalharam com temperatura máxima de 25,0 ± 3,7°C e a temperatura mínima de 15,7 ± 2,5°C em um ambiente, e temperatura máxima de 18,8 ± 2,9°C e temperatura mínima de 12,0 ± 1,3°C em outro. No ambiente mais quente os genótipos mais suscetíveis foram os mais atacados por *P. capsici*, enquanto que as resistentes não foram afetadas pela temperatura.

Apesar de não haver diferença entre os dois ambientes testados, o ambiente com temperatura mais baixa permitiu uma melhor diferenciação entre genótipos resistentes e suscetíveis, principalmente em plantas com 7 d.a.e.. A temperatura pode afetar a doença tanto através do patógeno

como alterando a eficácia do mecanismo de resistência do hospedeiro (ALON et al., 1974). Além disso, a temperatura em torno de 26°C aproxima-se da ideal para o crescimento do fungo em cultura (ALIZADEH & TSAO, 1984) e já foi indicada para a avaliação e seleção para a resistência de *C. annuum* a *P. capsici* (ORTEGA et al., 1987).

Tabela 03. Efeito da temperatura no número médio^{/1} de plantas tombadas de três genótipos de *Capsicum annuum* inoculados com *Phytophthora capsici*, aos 10 e 15 d.a.e. (10⁴ zoosp./ml).

GENÓTIPOS	TEMPERATURAS ^{/3}			
	ALTA		BAIXA	
	10	15	10	15
CNPH 148	0,20 c*	0,00 c	0,81 c	0,20 b
CNPH 173	1,56 b	0,36 c	2,87 b	0,43 b
CNPH 192	6,74 a	6,74 a	7,00 a	6,74 a
CV(%) ^{/2}	18,64		10,17	

/1 Cada valor representa a média de 4 repetições (7 plantas/repetição).

/2 A análise foi realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0.5}$.

/3 ALTA $\bar{t}_{\max} = 38,9^{\circ}\text{C}$ e $\bar{t}_{\text{mfn}} = 20,4^{\circ}\text{C}$

BAIXA $\bar{t}_{\max} = 27,5^{\circ}\text{C}$ e $\bar{t}_{\text{mfn}} = 17,7^{\circ}$

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 04. Efeito da temperatura no número médio^{/1} de plantas tombadas de três genótipos de *Capsicum annuum* inoculados com *Phytophthora capsici*, aos 7 e 14 d.a.e. (5×10^4 zoósp./ml).

GENÓTIPOS	TEMPERATURAS ^{/3}			
	ALTA		BAIXA	
	7	14	7	14
CNPH 148	0,00 c*	0,00 c	0,00 c	0,00 c
CNPH 173	1,90 b	0,77 c	2,70 b	0,00 c
CNPH 192	6,74 a	6,74 a	7,00 a	7,00 a
CV(%) ^{/2}	7,27		7,77	

/1 Cada valor representa a média de 4 repetições (7 plantas/repetição)

/2 A análise foi realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0,5}$.

/3 ALTA $\bar{t}_{\max} = 38,7^{\circ}\text{C}$ e $\bar{t}_{\min} = 20,8^{\circ}\text{C}$

BAIXA $\bar{t}_{\max} = 26,3^{\circ}\text{C}$ e $\bar{t}_{\min} = 15,9^{\circ}\text{C}$

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

4.1.4. Efeito de Idade da Planta

Não houve diferença significativa entre as idades avaliadas (10,15,20 e 25 d.a.e.), na resposta de cada genótipo estudado. Os genótipos CNPH 148 e CNPH 173 mostraram-se resistentes a partir de 10 d.a.e., quando inoculados com 3 ml de uma suspensão de 10^4 zoósp./ml. Na idade mais jo-

vem, algumas plantas do genótipos CNPH 148 e CNPH 173 tombaram, mas não foi significativa a incidência da doença quando comparada com o padrão suscetível, CNPH 192 (figura 05.).

Quando foi utilizada uma concentração de inóculo maior (5×10^4 zoósp./ml), o genótipo CNPH 173 comportou-se como parcialmente resistente aos 7 d.a.e., diferindo de CNPH 148, que manteve-se resistente e de CNPH 192. Aos 14 d.a.e. as plantas de CNPH 173 mostraram-se resistentes, como CNPH 148 (tabela 05.).

Comparando os resultados contidos nas figuras 05. e 06., observa-se que CNPH 173 não apresentou nenhum sintoma da doença a partir dos 20 d.a.e., enquanto que o genótipo CNPH 192 a partir de 28 d.a.e. apresentou um nível maior de resistência, chegando a comportar-se como "resistente" aos 35 dias (figura 06.) Este resultado contraria os obtidos por BANJA (1989), onde este material mostrou-se suscetível aos 45 dias após a semeadura.

Os resultados obtidos neste experimento, sob condições controladas de temperatura, umidade de solo e concentração de inóculo, contrariam a maioria dos trabalhos sobre a influência de idade na expressão de resistência em *Cap-sicum* ao fungo *P.capsici*. Para ANSANI & MATSUOKA (1983c) a idade do hospedeiro não influenciou a infectividade dos zoósporos de *P.capsici*. O período de tempo maior dispendido na manifestação de sintomas por plantas de pimenta adultas é provavelmente devido a áreas maiores de raiz e hipocótilo a serem colonizadas até que a planta entre em colapso total.

Normalmente a resistência a *P. capsici* é expressada em plantas adultas de pimenta (KIM et al., 1989). Cronologicamente, o período em que os materiais com resistência na fase adulta deixam de se comportar fenotipicamente como suscetíveis, inicia-se a partir do estágio de seis folhas (POCHARD & CHAMBONNET, 1971), ou de 40 dias após a semeadura (POCHARD et al., 1986), ou de 40-47 dias após a semeadura (CAFÉ-FILHO & REIFSCHNEIDER, 1983), ou ainda de 31

dias após a semeadura (MATSUOKA et al., 1984).

O primeiro trabalho a relatar a possibilidade de diferenciação entre plântulas de pimenta resistentes e suscetíveis a *P. capsici*, com 14 dias após a emergência foi de BOSLAND & LINDSEY (1991). No presente trabalho, o material CNPH 148 tem reagido consistentemente de um teste a outro, ou seja, a partir de 7 d.a.e. tem se mostrado resistente a *P. capsici*. BOSLAND & LINDSEY (1991) trabalharam com a linha "Criollo de Morelos 334", genótipo que deu origem a CNPH 148.

A resistência relacionada a idade em plantas de *Capsicum* pode ser resultado de alterações fisiológicas nos tecidos de raízes e caule durante o desenvolvimento, que são primariamente dependentes do genótipo da planta (KIM et al., 1989). Estudos fisiológicos e anatômicos poderão ser necessários para elucidar as causas da resistência relacionada a idade de plantas de *Capsicum* a *P. capsici* (REIFSCHNEIDER et al., 1986b; KIM et al., 1989).

Figura 05. Número médio^{/1} de plantas tombadas de três genótipos de *Capsicum annuum* inoculados com *Phytophthora capsici* (10^4 zoosp./ml) em quatro idades diferentes (dias após a emergência - D.A.E.).

/1 Média de 4 repetições (7 plantas/rep.), comparadas pelo teste de Tukey (5 %). Análise feita sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0.5}$ (CV= 13,11 %).

Figura 06. Efeito da idade de planta (D.A.E.) na data de inoculação com *Phytophthora capsici* sobre o número médio^{/1} de plantas tombadas de três genótipos de *Capsicum annuum* (5×10^4 zoosp./ml).

^{/1} Média de 4 repetições (7 plantas/rep.) comparadas pelo teste de Tukey (5 %). Análise feita sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0.5}$ (CV= 1,33 %).

Tabela 05. Número médio^{/1} de plantas tombadas de três genótipos de *Capsicum annuum* inoculados aos 7 e 14 dias após a emergência (d.a.e.) com *Phytophthora capsici* (5×10^4 zoosp./ml).

GENOTIPOS	IDADES	
	7	14
CNPH 148	0,00 c*	0,00 c
CNPH 173	2,70 b	0,00 c
CNPH 192	7,00 a	7,00 a
CV(%) ^{/2}	7,77	

/1 Cada valor representa a média de 4 repetições (7 plantas/repetição).

/2 A análise foi realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0,5}$.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey (5 %).

4.2. Avaliação da Resistência na Fase Juvenil de Genótipos de *Capsicum*

No primeiro experimento, onde foram avaliados 10 genótipos, destacou-se CNPH 134, com um bom nível de resistência na fase juvenil a *P.capsici*; este genótipo foi selecionado da população BGH 176 (Viçosa-MG), com resistência na fase adulta (tabela 06.).

No segundo experimento, de 9 genótipos avaliados, o único material que diferiu significativamente do genótipo suscetível CNPH 192 foi CNPH 961 (tabela 07.), embora CNPH 726 não tenha diferido de CNPH 961. O genótipo CNPH 961 é uma pimenta do tipo malagueta, coletada em

Petrolina (PE).

Na tabela 08., correspondente ao terceiro experimento, destacam-se, com um bom nível de resistência, as introduções CNPH 989 e CNPH 992, ambos pertencente a espécie *C. baccatum*, que não diferiram entre si, mas não apresentaram nível de resistência tão alto como o CNPH 148.

Os melhores resultados foram obtidos no quarto experimento, onde 10 populações comportaram-se como altamente resistentes. Dentre os materiais, merecem destaque os genótipos CNPH 1393, uma pimenta malagueta, e CNPH 2174, CNPH 2171, CNPH 2172, CNPH 2176 e CNPH 2175, selecionadas da variedade "Serrano Criollo de Morelos", com pelo menos 97% de plantas sobreviventes (tabela 09.). O genótipo CNPH 2661, uma introdução do Peru, apresentou 93,7% de plantas sobreviventes na nossa avaliação.

A maioria dos materiais que se mostraram promissores nesta avaliação foi coletada no Brasil, como CNPH 1393(BA), CNPH 287 (GO), CNPH 1424 (DF), CNPH 974 (CE), CNPH 2652 (SC), CNPH 1397 (GO), CNPH 1386 (AL), CNPH 2658 (SC) e CNPH 1361 (SC).

No quinto experimento, todos os materiais avaliados mostraram-se suscetíveis, com exceção de CNPH 649, com um nível intermediário de resistência, quando comparado a CNPH 148 e CNPH 192 (tabela 10.).

Todos os genótipos que apresentaram um bom nível de resistência ao serem avaliados quando inoculados aos 15 dias após a emergência devem ser reavaliados aos 7 d.a.e.. Apesar de constatadas variações no nível de resistência a *P. capsici* em função da idade da planta na época de inoculação, plântulas do genótipo CNPH 148 mostraram-se resistentes a partir de 7 d.a.e.. Adotar-se um critério de avaliação inicial em plântulas com 7 d.a.e. poderá resultar em uma forte pressão de seleção, mascarando eventualmente o efeito de genes menores na resistência, mencionados por ORTEGA & ESPAÑOL (1983).

Tabela 06. Reação de populações de *Capsicum sp.* a *Phytophthora capsici* (plantas foram inoculadas com 15 d.a.e.).

NÚMERO CNPH	POPULAÇÕES	NÚMERO DE PLANTAS TOMBADAS /1
148	CM 334	0,00 b*
173	BGH 3036	1,29 b
192	Magda	6,68 a
134	BGH 176	0,86 b
181	Pimentão Amarelo	7,00 a
679	PI 159236	5,90 a
33	Long Sweet Yellow	6,68 a
143	MC-4	4,97 a
640	Goliat	7,00 a
1397	Pimenta	6,68 a

/1 Cada valor representa a média de 4 repetições (7 plantas/repetição). A análise foi realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x} + 0,5$ (CV= 13,01 %; QME=0,062).

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 07. Reação de populações de *Capsicum* sp. a *Phytophthora capsici* (plantas foram inoculadas com 15 d.a.e.).

NÚMERO CNPH	POPULAÇÕES	NÚMERO DE PLANTAS TOMBADAS ^{/1}
192	Magda	5,50 a [†]
660	Fry King	6,68 a
679	PI 159236	5,65 a
726	PI 281341	4,47 ab
730	PI 338490	5,30 a
750	PI 390966	6,31 a
912	Roxa Grande	5,65 a
920	Aji Amarillo	6,68 a
961	Malagueta	1,63 b

/1 Cada valor representa a média de 4 repetições (7 plantas/repetição). A análise foi realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x} + 0,5$ (CV= 12.04 %; QME=0,097).

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 08. Reação de populações de *Capsicum sp.* a *P. capsici* (plantas inoculadas com 15 d.a.e.)

NÚMERO CNPB	POPULAÇÕES	NÚMERO DE PLANTAS TOMBADAS ^{/1}	
148	CM 334	0,00	f*
192	Magda	7,00	a
991	<i>C. baccatum</i>	7,00	a
994	Corne di Toro-Rosso	7,00	a
989	<i>C. baccatum</i>	1,46	de
971	Olho de Peixe	6,73	ab
1359	<i>C. baccatum</i>	5,50	ab
992	<i>C. baccatum</i>	2,39	cd
1295	Rubi King	4,20	bc
990	<i>C. baccatum</i>	7,00	a
1364	<i>C. baccatum</i>	4,56	ab
968	Cereja	6,73	ab
727	PI 281383	7,00	a
966	Goliath	7,00	a
1362	<i>C. baccatum</i>	5,21	ab
973	Peão Grande	5,45	ab
972	Pimenta Amarela	7,00	a
970	Pimenta de Cheiro	6,73	ab

/1 Cada valor representa a média de 4 repeticoes(7 plantas/repetição). A análise foi feita sobre valores transformados para $\sqrt{x+0,5}$ (CV=8.66 %, QME=0,038).

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 09. Reação de populações de *Capsicum* sp. a *P. capsici* (plantas inoculadas com 15 d.a.e.).

NÚMERO CNPB	POPULAÇÕES	NÚMERO DE PLANTAS TOMBADAS ^{/1}
148	CM 334	0,00 e ^t
192	Magda	6,73 ab
51	Pimenta Fina	7,00 a
28	Rocoto	6,46 ab
2663	Pimenta Alongada	5,70 abc
403	BGH 2926	5,70 abc
579	Pimenta Doce	6,46 ab
2653	Pimenta Alongada	2,77 abcde
1393	Malagueta Miúda	0,00 e
2174	CM 331	0,00 e
1378	38-63-3	6,46 ab
287	Pimenta Malagueta	0,91 cde
2657	Pimenta	6,26 ab
2196	Antibois	6,20 ab
2659	Pimentão	6,46 ab
1424	<i>C. baccatum</i>	1,69 abcde
2630	Calatauco	6,73 ab
2171	CM 320	0,00 e
1387	Mallorca-Paprika	1,24 bcde
2172	CM 325	0,20 e
2200	Pimenta de Cheiro	1,66 abcde
2272	Porto Rico Wonder	2,99 abcde
974	Peão Verde-Amarelo	1,69 abcde
2652	Pimenta	1,48 abcde
1397	Pimenta	0,50 de
2176	CM 334	0,00 e
1386	Pimenta Arapiraca	0,20 e

Tabela 09. Reação de populações de *Capsicum sp.* a *Phytophthora capsici* (plantas inoculadas com 16 d.a.e.). (continuação)

NÚMERO CNPH	POPULAÇÕES	NÚMERO DE PLANTAS TOMBADAS ^{/1}
1375	Early Callwonder	5,60 abc
2658	Pimenta	2,39 abcde
1402	Mallorca Doce	3,18 abcde
2582	Rubi King Gigante	6,20 ab
1361	C. baccatum	3,03 abcde
2175	CM 333	0,20 e
2661	Pimenta	0,44 de
1379	XVR-3-25	2,45 abcde
1374	C. chinense	2,45 abcde
1376	10 R	2,45 abcde

/1 Cada valor representa a média de 4 repetições (7 plantas/rep.) A análise feita sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0,5}$ (CV= 27.45 %, QME=0,227).

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 10. Reação de populações de *Capsicum* sp. a *P. capsici* (plantas inoculadas com 15 d.a.e.).

NÚMERO CNPB	POPULAÇÕES	NÚMERO DE PLANTAS TOMBADAS ^{/1}
148	CM 334	0,00 c [†]
192	Magda	7,00 a
675	PI 135824	7,00 a
674	PI 109252	6,68 a
684	PI 164557	6,68 a
713	PI 222134	6,68 a
708	PI 196575	7,00 a
681	PI 163184	6,68 a
709	PI 201241	5,95 a
649	Pant-C-1	3,66 b
646	Hatvani Hajtato	6,68 a
676	PI 135873	6,68 a
677	PI 138562	6,68 a
706	PI 193469	6,31 a
686	PI 164847	6,31 a
645	Gigante Amarelo	7,00 a
191	Agrônômico 10-G	7,00 a

/1 Cada valor representa a média de 4 repetições (7 plantas/repetição). A análise foi realizada sobre valores transformados para $\sqrt{x + 0,5}$ (CV= 8.01 %, QME=0,039).

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Apesar de terem sido descritas muitas fontes de resistência em *Capsicum* a *P. capsici* (KIMBLE & GROGAN, 1960; SOTIROVA et al., 1977; MATSUOKA et al., 1984; BANJA, 1989), até o momento não existe no mercado uma cultivar comercial resistente. A determinação de novas fontes pode permitir que se desenvolvam populações com um amplo espectro de genes, tanto para resistência, quanto para adaptação.

Embora *P. capsici* infecte principalmente o sistema radicular, seria aconselhável a avaliação de resistência da parte aérea das fontes determinadas, uma vez que acredita-se que o controle genético da resistência na parte aérea não é o mesmo da resistência na raiz e colo da planta (REIFESCHNEIDER et al., 1986b).

Algumas fontes de resistência encontradas neste trabalho pertencem às espécies *C. baccatum* e *C. chinense*, o que não representa problema em futuros cruzamentos com *C. annum*, pois combinações híbridas entre diferentes espécies do gênero *Capsicum* já foram obtidas. Já *C. pubescens* está isolada geneticamente de outras espécies cultivadas (HEISER & SMITH, 1953; GOVINDARAJAN, 1985).

É importante a avaliação de características agronômicas das fontes de resistência determinadas, como formato de fruto e nível de pungência, se for objetivo do programa de melhoramento introduzir a resistência a *P. capsici* em cultivares comerciais de pimentão ou de pimenta-doce.

4.3. Estudo de Herança da Resistência de *C. annum* na Fase Juvenil a *P. capsici*.

Durante o período de avaliação, o genótipo CNPH 192 comportou-se como altamente suscetível, apresentando baixa porcentagem de plantas sobreviventes. A linha resistente CNPH 148 também apresentou algumas plantas

tombadas enquanto que CNPH 173 mostrou-se parcialmente resistente.

Não houve diferença significativa entre os cruzamentos recíprocos (SNEDECOR & COCHRAN, 1980). Assim, os dados dos cruzamentos recíprocos foram agrupados, tanto nos retrocruzamentos, quanto nas populações F_1 e F_2 (Tabela 11.).

Foram observadas alterações nas classes fenotípicas nas populações P_1 , F_1 , RC_1 (retrocruzamento para o progenitor resistente) e F_2 , que podem ser explicadas por uma penetrância incompleta dos genes que conferem resistência a *P. capsici* em *Capsicum*. A penetrância média das gerações em questão obtidas do cruzamento entre CNPH 148 e CNPH 192 foi de 95,4 %, enquanto que a calculada para CNPH 173 foi 77,4 %. Quando os dados foram corrigidos, as segregações em P_1 , F_1 , RC_1 , RC_2 e F_2 aproximaram-se de 1:0, 1:0, 1:0, 1:1 e 13:3, respectivamente, tanto para as obtidas do cruzamento CNPH 148 X CNPH 192 (tabela 12.), quanto do cruzamento CNPH 173 X CNPH 192 (tabela 13.). Estes resultados sugerem que a resistência na fase juvenil em *Capsicum annuum* envolve dois genes, com epistasia dominante e recessiva. A resistência é devida à interação de um gene dominante e um gene recessivo (PyPycaca), enquanto o comportamento suscetível do genótipo CNPH 192 é determinado por um gene recessivo e um gene dominante em interação (pypyCaCa), no locus correspondente (figura 07.). Resultados semelhantes foram obtidos por REIFSCHNEIDER et al. (1992), quando estudaram a herança em CNPH 148 na idade adulta, em cruzamento com as cultivares suscetíveis Agrônomo 10-G e Yolo Wonder. Estudos conduzidos por BARTUAL et al. (1991) indicam que efeitos de epistasia não podem ser negligenciados na ação de genes responsáveis pela resistência de *Capsicum* a *P. capsici*. Os resultados obtidos por BANJA (1989), LOTZ & COSTA (1991) e REIFSCHNEIDER et al. (1992), embora em fontes de resistência diferentes, indicam que a herança é devida a dois genes com epistasia dominante e recessiva.

Tabela 11. Comparação entre cruzamentos recíprocos para resistência em *Capsicum annuum* a *Phytophthora capsici*.

CRUZAMENTOS	GERACOES	NUMERO DE PLANTAS TOTAL	RES.	SUSC.	χ^2	P
(148 X 192)	F ₁	80	74	6	0.388	0.50-0.75
(192 X 148)		80	72	8		
(148X192)X148	RC ₁	80	77	3	1.385	0.10-0.25
(192X148)X148		80	9	1		
(148X192)X192	RC ₂	80	37	3	1.257	0.2-0.50
(192X148)X192		80	42	8		
(148 X 192) x	F ₂	280	21	62	0.083	0.75-0.90
(192 X 148) x		280	16	64		
(173 X 192)	F ₁	80	61	9	0.276	0.50-0.75
(192 X 173)		80	59	1		
(173X192)X173	RC ₁	80	64	16	0.078	0.75-0.90
(192X173)X173		80	63	17		
(173X192)X192	RC ₂	80	34	6	1.278	0.25-0.50
(192X173)X192		80	39	1		
(173 X 192) x	F ₂	280	68	112	0.952	0.25-0.50
(192 X 173) x		280	76	104		

Tabela 12. Dados de segregação para resistência em *Capsicum annuum* nas gerações parentais (P_1 e P_2), F_1 , retrocruzamentos (RC_1 e RC_2) e F_2 , após inoculação com *Phytophthora capsici* (plantas com 15 d.a.e.).

CRUZAMENTOS	GERAÇÕES	NÚMERO DE PLANTAS			PROPORÇÃO (R:S)	$\chi^2/2$ (13:3)*	P
		TOTAL ^{/1}	RES. SUSC.				
CNPH 148	P ₁	80	78	2	1:0	0,039	(0,75-0,90)
CNPH 192	P ₂	80	2	78	0:1	0,050	(0,75-0,90)
(148x192)	F ₁	160	146	14	1:0	0,303	(0,50-0,75)
(148x192)x148	RC ₁	160	156	4	1:0	0,077	(0,75-0,90)
(148x192)x192	RC ₂	160	79	81	1:1	0,025	(0,75-0,90)
(148x192)x	F ₂	560	434	126	13:3	0,00006	> 0,90

/1 Os dados dos cruzamentos recíprocos foram agrupados, incluindo os retrocruzamentos e populações F_1 e F_2 (SNEDECOR & COCHRAN, 1980).

* Existe uma probabilidade de 0,10 de se ter feito uma escolha errada da taxa de segregação, em função do tamanho da amostra da geração F_2 (STEEL & TORRIE, 1960).

/2 Os valores de χ^2 foram calculados com dados das gerações P_1 , F_1 , RC_1 e F_2 foram corrigidos para uma penetrância média de 95,4 %.

Há muita discordância entre os trabalhos que abordam o modelo de herança da resistência em *Capsicum* a *P. capsici*, que parece depender da fonte de resistência. Galindo & Heredia (1964) e Heredia (1966) citados por GUERRERO-MORENO & LABORDE (1980), descreveram a resistência como sendo

controlada por um gene dominante, que mais tarde foi confirmado por SOLANES & LOTTI (1967), enquanto que YAMAKAWA et al. (1979) acreditam tratar-se de um gene com dominância incompleta.

Tabela 13. Dados de segregação para resistência em *Capsicum annum* nas gerações parentais (P₁ e P₂), F₁, Retrocruzamentos (RC₁ e RC₂) e F₂, após inoculação com *P.capsici* (plantas com 15 d.a.e.).

CRUZAMENTOS	GERAÇÕES	Nº DE PLANTAS TOTAL ^{/1}	RES.	SUSC.	PROPORÇÃO (R:S)	$\chi^2/2$ (13:3) [*]	P
CNPH 173	P ₁	80	64	16	1:0	0,090	(0,75-0,90)
CNPH 192	P ₂	80	2	78	0:1	0,050	(0,75-0,90)
(173x192)	F ₁	160	120	40	1:0	0,154	(0,50-0,75)
(173x192)x173	RC ₁	160	127	33	1:0	0,104	(0,50-0,75)
(173x192)x192	RC ₂	160	73	87	1:1	1,225	(0,25-0,50)
(173x192)x	F ₂	560	344	216	13:3	1,307	(0,25-0,50)

/1 Os dados dos cruzamentos recíprocos foram agrupados incluindo retrocruzamentos e populações F₂.

* Existe uma probabilidade de 0,10 de se ter feito uma escolha errada da taxa de segregação, em função do tamanho da amostra da geração F₂ (STEEL & TORRIE, 1960).

/2 Os valores de χ^2 foram calculados com os dados das gerações P₁, F₁, RC₁ e F₂ corrigidos para uma penetrância média de 77,4 %.

Para SMITH et al. (1967) o controle genético da resistência de *C. annuum* a *P. capsici* é resultado da ação de dois genes dominantes que atuam independentemente. Heredia (1980) citado por GUERRERO-MORENO & LABORDE (1980) e GUERRERO-MORENO & LABORDE (1980) sugeriram dois genes recessivos independentes que interagem diferentemente, de acordo com a virulência de isolados específicos de *P. capsici*, enquanto que SARAIVA (1982) acredita tratar-se de dois genes recessivos e um gene modificador dominante. A presença de genes menores modificadores foi citada por BARKSDALE et al. (1984) para explicar a ocorrência ocasional de plantas de pimenta infectadas com *P. capsici* em populações do progenitor resistente, F_1 e retrocruzamentos para o parental resistente.

POLACH & WEBSTER (1972), ao estudarem a genética de possíveis raças de *P. capsici*, concluíram que ao menos dois genes determinam a patogenicidade em pimenta.

A contradição entre os trabalhos provavelmente deve-se a diferentes isolados de *P. capsici* e genótipos de *Capsicum* utilizados, assim como a critérios de avaliação e seleção adotados durante a condução dos ensaios (ORTEGA & ESPAÑOL, 1982). Para BANJA (1989) toda discordância pode ser explicada pelo modo de ação dos genes envolvidos na resistência de *Capsicum* a *P. capsici*. Efeitos epistáticos podem explicar os resultados obtidos por GUERRERO-MORENO & LABORDE (1980), se o progenitor resistente possui o genótipo homozigoto recessivo (pypycaca). A geração F_1 obtida desse cruzamento comporta-se como suscetível, enquanto que a afirmação de SOLANES & LOTTI (1967) e YAMAKAWA et al. (1979) enquadra-se ao modelo se o progenitor resistente for homozigoto dominante (PyPyCaCa).

A diferença no grau de penetrância entre os genótipos CNPH 148 e CNPH 173 pode ser atribuída à presença de genes modificadores (Bohn et al., 1940; citados por ALON et al., 1974; BARKSDALE et al., 1984), que são fortemente afetados por alterações ambientais, como tem sido demonstrado

em muitos casos de resistência de plantas a doenças (VAN DER PLANK, 1968). Situação semelhante foi observada entre duas linhas de tomate homozigotas resistentes a *Fusarium*, cuja resistência é atribuída a um par de genes (ALON et al., 1974). Foi observado que em plantas heterozigotas de tomate, o nível de penetrância do gene para resistência ao vírus TSMV foi reduzido (STEVENS et al., 1992), talvez resultante de alterações do ambiente interno da planta devido a condição de heterozigose.

RETIG et al. (1967), trabalhando com resistência de tomate a *Fusarium*, consideraram que as modificações no gene I podem ser explicada por uma penetrância incompleta, e com possíveis efeitos da idade da planta na época de inoculação sobre o grau de penetrância. Outros fatores foram considerados como responsáveis por uma grande variação na penetrância do gene I, como temperatura do solo, método de inoculação e diferença de virulência entre os isolados. A temperatura do solo pode afetar a doença através do patógeno, da eficácia do mecanismo de resistência do hospedeiro, ou ainda da atividade da microflora presente no solo (ALON et al., 1974). No trabalho desenvolvido por ALON et al. (1974) a penetrância da resistência aumentou substancialmente com o aumento da idade da planta. Verificamos também que a idade das plantas de *Capsicum* foi o fator que exerceu maior influência na expressão da resistência. Em plantas do genótipo CNPH 173, inoculadas a partir de 21 d.a.e., a penetrância dos genes que conferem resistência a *P. capsici* aumentou, chegando a 100%. Além disso, efeitos de temperatura foram maiores em plântulas de CNPH 173 com 7 e 14 d.a.e. do que em CNPH 148.

Figura 07. Esquema de distribuição de genótipos e fenótipos obtidos nas gerações F_1 , RC_1 , RC_2 e F_2 do cruzamento entre CNPH 148 e CNPH 192.

P_1	PyPycaca (R)		pypyCaCa (S)	P_2
F_1	PypyCaca (R)			
RC_1		Py Ca	Py ca	py Ca
	Py ca	PyPyCaca (R)	PyPycaca (R)	PypyCaca (R)
				Pypycaca (R)
RC_2		Py Ca	Py ca	py Ca
	py Ca	PypyCaCa (R)	PypyCaca (R)	pypyCaCa (S)
				pypyCaca (S)
F_2		Py Ca	Py ca	py Ca
	Py Ca	PyPyCaCa (R)	PyPyCaca (R)	PypyCaCa (R)
				PypyCaca (R)
	Py ca	PyPyCaca (R)	PyPycaca (R)	PypyCaca (R)
				Pypycaca (R)
	py Ca	PypyCaCa (R)	PypyCaca (R)	pypyCaCa (S)
				pypyCaca (S)
	py ca	PypyCaca (R)	Pypycaca (R)	pypyCaca (S)
				pypycaca (R)

4.4. Considerações Finais

A ação gênica epistática e/ou a presença de genes modificadores podem explicar o insucesso na transferência de resistência de *P. capsici* para linhas suscetíveis de pimentão, com perda progressiva de resistência nas gerações sucessivas de retrocruzamentos (BARTUAL et al., 1991). Com a finalidade de aumentar a frequência de alelos desejáveis na população e desenvolver linhas elites pela recombinação de indivíduos superiores, o método de seleção recorrente foi sugerido como o mais efetivo, quando se trata de resistência parcial e/ou poligênica (BARTUAL et al., 1991). É necessário que se tenha, durante as diferentes fases do programa de melhoramento, o máximo controle das condições ambientais, como concentração de inóculo (ORTEGA et al., 1987; PALLOIX et al., 1988b), temperatura (ORTEGA et al., 1987), saturação de água do solo para aumentar a eficiência de dispersão dos zoósporos (ORTEGA et al., 1990) e a virulência do isolado de *P. capsici* (REIFSCHNEIDER et al., 1986b). Se estes fatores não forem bem controlados, as respostas das populações segregantes, podem ser alteradas.

5. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos neste trabalho, estabeleceram-se as seguintes conclusões:

- A padronização da metodologia de avaliação de resistência na fase juvenil em *Capsicum* a *P.capsici*, permitiu distinguir plântulas resistentes de suscetíveis a partir de 7 d.a.e. (dias após a emergência).

- Existe considerável variabilidade quanto ao nível de resistência, no estágio juvenil de plantas de *Capsicum* spp a *P.capsici*, entre 80 populações, incluindo as espécies *C.annuum*, *C.baccatum* e *C.chinense*, sobressaindo-se os seguintes materiais como fonte de resistência: CNPH 134, 989, 1393, 2174, 2172, 2171, 287, 1397, 2176, 1386, 2175 e 2661.

- A herança da resistência na fase juvenil encontrada nos genótipos estudados é controlado por dois genes com epistasia dominante e recessiva.

- A penetrância dos genes que conferem resistência a CNPH 173 é em média 77,4 %, enquanto que em CNPH 148 é cerca de 95,4 %, em plantas inoculadas com 15 d.a.e.. A penetrância incompleta dos genes, neste caso, deve-se entre outros fatores, principalmente a possíveis efeitos da idade da planta na época de inoculação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAK, K. & POCHARD, E. Aggressivity of various *Phytophthora capsici* isolates from Turkey on two partly resistant pepper lines. Capsicum Newsletter, Turin, 3: 65-6, 1984.
- ALIZADEH, A. & TSAO, P. Renaming *Phytophthora palmivora* MF4 to *P. capsici* and redescription of the species. Phytophthora Newsletter, Bangor, 12: 1-2, 1984.
- ALON, H.; KATAN, J.; KEDAR, N. Factors affecting penetrance of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomatoes. Phytopathology, St. Paul, 64(4): 455-60, 1974.
- ANSANI, C.V. & MATSUOKA, K. Sobrevivência de zoósporos e micélios de *Phytophthora capsici* no solo. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 7: 481, 1982. (Resumo).
- ANSANI, C.V. & MATSUOKA, K. Infectividade e viabilidade de zoósporos de *Phytophthora capsici* no solo. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 8: 137-45, 1983a.
- ANSANI, C.V. & MATSUOKA, K. Sobrevivência de *Phytophthora capsici* no solo. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 8: 269-76, 1983b.

- ANSANI, C.V. & MATSUOKA, K. Efeito da densidade de zoósporos e idade de mudas de pimentão (*Capsicum annuum*) na infectividade de *Phytophthora capsici*. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 8: 263-68, 1983c.
- BANJA, W.H. Herança de resistência em plantas adultas de *Capsicum annuum* a *Phytophthora capsici* Leonian e teste de alelismo. Piracicaba, 1989. 60p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BARKSDALE, T.H.; PAPAIVIZAS, G.C.; JOHNSTON, S. A. Resistance to foliar blight and crown rot of pepper caused by *Phytophthora capsici*. Plant Disease, St. Paul, 68(6): 506-9, 1984.
- BARTUAL, R.; CARBONELL, E.A.; MARSHAL, J.I.; TELLO, J.C.; CAMPOS, T. Gene action in the resistance of peppers (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora* stem blight (*Phytophthora capsici* L.). Euphytica, Wageningen, 54(2):195-200, 1991.
- BOSLAND, P.W. & LINDSEY, D.L. A seedling screen for *Phytophthora* root rot of pepper, *Capsicum annuum*. Plant Disease, St. Paul, 75(10): 1048-50, 1991.
- BOWERS, S.J.H. & MITCHELL, D.J. Relationship between inoculum level of *Phytophthora capsici* and mortality of pepper. Phytopathology, St. Paul, 81: 178-84, 1991.
- BYUNG, H.H.; EBRAHIM-NESBAT, F.; IBENTHAL, W.D.; HEITEFUSS, R. An ultrastructural study of the effect of metalaxyl on *Phytophthora capsici* infected stems of *Capsicum annuum*. Pesticide Science, Oxford, 29: 151-62, 1990.

- CAFÉ-FILHO, A.C. & REIFSCHNEIDER, F.J.B. Resistência juvenil de pimentão a *Phytophthora capsici*. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 11: 295, 1986. (Resumo).
- CASALI, V.W.D. & COUTO, F.A.A. Origem botânica de *Capsicum*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 10(113): 8-10, 1984.
- CASALI, V.W.D.; PÁDUA, J.G.; BRAZ, L.T. Melhoramento de pimentão e pimenta. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 10(113): 19-22, 1984.
- CHOI, K.S.; OM, Y.H.; LEE, J.W. Studies on varietal differences and inheritance of resistance to *Phytophthora capsici* in red peppers of Korea. Capsicum Newsletter, Turin, 3: 39-41, 1984.
- CLEARJEAU, M.; PITRAT, M.; NOURRISSEAU, J.G. La resistance du piment (*Capsicum annum*) à *Phytophthora capsici*. IV - Etude de l'agressivité de divers isolats au niveau des feuilles, des tiges et du collet de plantes sensibles et résistantes. Annales de Phytopathologie, Paris, 8(4): 411-23, 1976.
- COSTA, G.O. Inoculação múltipla, interações e técnicas de avaliação da reação de *Capsicum* a três patógenos: Vírus Y da batata, *Phytophthora capsici* e *Xanthomonas campestris* pv.vesicatoria. Brasília, 1987. 113p. (Mestrado - Universidade de Brasília).
- CRISTINZIO, G.; ZEMA, V.; ERRICO, A.; SACCARDO, F. Introduction of resistance genes to *Phytophthora capsici* into cultivar of *Capsicum annum* "Friariello". In: MEETING GENETICS AND BREEDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 8., Rome, 1992. Proceedings. Rome, EUCARPIA, 1992. p.189-91.

- DUNIWAY, J.M. Limiting influence of low water potencial on the formation of sporangia by *Phytophthora dreschleri* in soil. Phytopathology, St. Paul, 65: 1089-93, 1975.
- FERNANDEZ, C.M. *Phytophthora capsici* causante de la marchitez en pimiento (*Capsicum annuum*) en Chile. Agricultura Técnica, Santiago, 43(2): 91-3, 1983.
- FERNANDEZ, C.M. Evaluacion de genotipos para resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento y ají (*Capsicum annuum*). Agricultura Técnica, Santiago, 48(4): 359-62, 1988.
- GOVINDARAJAN, V.S. Capsicum - production, technology, chemistry, and quality. I. History, botany, cultivation and primary processing. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Cleveland, 22(2): 109-26, 1985.
- GUERRERO-MORENO, A.G. & LABORDE, J.A. Current status of pepper breeding for resistance to *Phytophthora capsici* in México. In: MEETING GENETICS AND BREEDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 4., Wageningen, 1980. Proceedings. Wageningen, EUCARPIA, 1980. p.52-6.
- HEISER Jr, C.B. & SMITH, P.G. The cultivated *Capsicum* peppers. Economic Botany, New York, 7: 214-27, 1953.
- INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. Genetic resources of Capsicum. Roma, FAO/IBPGR, 1983. 49p.
- JIMÉNEZ, J.M.; BUSTAMANTE, E; BERMÚDEZ, W.; GAMBOA, A. Identificación y evaluación de líneas de chile dulce resistentes a marchitez fungosa en Costa Rica. Turrialba, San Jose, 40(2): 228-34, 1990.

- JOHNSTON, S.A. & BARKSDALE, T.H. Pepper Phytophthora blight control with resistance. Biological and Cultural Tests, Minnesota, 2: 15, 1987.
- KHAN, M.A.; AHMAD, I.; ASLAM, M.; POLITANO, L.; VALGIMIGLI, A.; SACCARDO, F. Development and standardization of different inoculation methodologies in Chilli peppers (*Capsicum annuum*) resistant to *Phytophthora capsici*. In: MEETING GENETICS AND BREEDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 8., Rome, 1992. Proceedings. Rome, EUCARPIA, 1992. p.178-83.
- KIM, Y.J.; HWANG, B.K.; PARK, K.W. Expression of age related resistance in pepper plants infected with *Phytophthora capsici*. Plant Disease, St. Paul, 73: 745-7, 1989.
- KIM, E.S., & HWANG, B.K. Virulence to Korean pepper cultivars to isolates of *Phytophthora capsici* from different geographic areas. Plant Disease, St. Paul, 76: 486-9, 1992.
- KIMBLE, K.A. & GROGAN, R.G. Resistance to Phytophthora root rot in pepper. Plant Disease Reporter, Washington, 44(11): 872-3, 1960.
- KUNIMOTO, R.K., ARAGAKI, M.; HUNTER, J.E.; KO, W.H. *Phytophthora capsici*, corrected name for the cause of Phytophthora blight of macadamia racemes. Phytopathology, St. Paul, 66: 546-8, 1976.
- LEONIAN, L.H. Stem and fruit blight of peppers caused by *Phytophthora capsici* sp. Phytopathology, St Paul, 12:401-8, 1922.

- LOTZ, I.M.P. & COSTA, C.P. Herança da resistência em *Capsicum chinense* a *Phytophthora capsici*. Horticultura Brasileira, Brasília, 9(1): 43, 1991. (Resumo).
- MAFFIA, A.M.C. & MATSUOKA, K. Transmissão e sobrevivência de *Phytophthora capsici* em semente de pimentão *Capsicum annuum*. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 7: 468, 1982. (Resumo).
- MATSUOKA, K. Melhoramento de pimentão e pimenta visando a resistência a doenças fúngicas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 10(113): 49-52, 1984.
- MATSUOKA, K. & ANSANI, C.V. Formação de oosporos de *Phytophthora capsici* nos tecidos de pimentão (*Capsicum annuum*). Fitopatologia Brasileira, Brasília, 9: 27-36, 1984.
- MATSUOKA, K.; CASALI, V.M.D.; SARAIVA, T.R.C.B. Fontes de resistência à *Phytophthora capsici* em *Capsicum annuum*. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 9: 193-201, 1984.
- ORTEGA, R.G. & ESPAÑOL, C.P. Mejora del pimiento para resistencia a *Phytophthora capsici*. In: Jornadas de seleccion y mejora de tomate y pimiento, 3., Zaragoza, 1982. Zaragoza, INIA-CRIDA, 1982. p.387-403.
- ORTEGA, R.G. & ESPAÑOL, C.P. A hypothesis to work on pepper breeding for *Phytophthora capsici* resistance. In: MEETING GENETICS AND BREEDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 5., Plovdiv, 1983. Proceedings. Plovdiv, EUCARPIA, 1983. p.165-70.

- ORTEGA, R.G.; ESPAÑOL, C.P.; ZUECO, J.C. Pepper response to *Phytophthora capsici* Leon. zoospore inoculation. I. Influence of temperature and fungus isolate. Capsicum Newsletter, Turin, 3: 33-4, 1984a.
- ORTEGA, R.G.; ESPAÑOL, C.P.; ZUECO, J.C. Pepper response to *Phytophthora capsici* Leon. zoospore inoculation. II. Influence of plant age and inoculation dose. Capsicum Newsletter, Turin, 3: 35-6, 1984b.
- ORTEGA, R.G.; ESPAÑOL, C.P.; ZUECO, J.C. Respuesta del pimiento a la inoculación con aislamientos de *Phytophthora capsici* Leon. a diferentes temperaturas. Investigacion Agraria, Produccion y Proteccion Vegetales, Madrid, 2(2): 183-93, 1987.
- ORTEGA, R.G.; ESPAÑOL, C.P.; ZUECO, J.C. Genetics of the resistance to *Phytophthora capsici* in Mexican pepper "Line 29". EPPO Bulletin, Paris, 20: 117-22, 1990.
- ORTEGA, R.G.; ESPAÑOL, C.P.; ZUECO, J.C. Genetic relationships among four peppers resistant to *Phytophthora capsici*. Plant Breeding, Berlin, 108: 118-25, 1992.
- PALLOIX, A.; DAUBEZE, A.M.; POCHARD, E. *Phytophthora* root rot of pepper: influence of host genotype and pathogen strain on the inoculum density-disease severity relationships. Journal of Phytopathology, Berlin, 123(1):25-33, 1988a.
- PALLOIX, A.; DAUBEZE, A.M.; POCHARD, E. Time sequences of root infection and resistance expression in an artificial inoculation method of pepper with *Phytophthora capsici*. Journal of Phytopathology, Berlin, 123(1): 12-24, 1988b.

- PALLOIX, A.; DAUBEZE, A.M.; PHALY, T.; POCHARD, E. Breeding transgressive lines of pepper for resistance to *Phytophthora capsici* in a recurrent selection system. Euphytica, Wageningen, 51: 141-50, 1990
- POCHARD, E. & CHAMBONNET, D. Méthodes de sélection du piment pour la resistance au *Phytophthora capsici* et au virus du concombre. Annales de Facultà Scienzas Agricolas del Università de Torino, Torino, 7: 270-81, 1971.
- POCHARD, E. & DAUBEZE, A.M. Comparison of three different sources of resistance to *Phytophthora capsici* in *Capsicum annum*. Capsicum Newsletter, Turin, 1: 59-61, 1982.
- POCHARD, E.; CLEAJEAU, M.; PITRAT, M. La résistance de piment, *Capsicum annum* a *Phytophthora capsici* Leon. I. Mise en evidence d'une progressive induction de la resistance. Annales de L'Amélioration des Plantes, Paris, 26: 35-50, 1976.
- POLACH, F.J. & WEBSTER, R.K. Identification of strains and inheritance of pathogenicity in *Phytophthora capsici*. Phytopathology, St. Paul, 62: 20-6, 1972.
- POLTRONIERI, L.S. Produção de esporângio *in vitro*, patogenicidade em *Cucurbita* spp. e controle químico de *Phytophthora capsici*. Piracicaba, 1986. 56 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- RAMIREZ, V.J. & COVA, S.R. Supervivência de *Phytophthora capsici* Leon., agente causal de la marchitez del chile. Agrociencia, Chapingo, 39: 9-18, 1980.

- REGO, A.M. & REIFSCHNEIDER, F.J.B. Levantamento de grupos de compatibilidade de isolados de *Phytophthora capsici* Leon., obtidos de abóbora (*Curcubita maxima* x *Curcubita moschata*), pimenta (*Capsicum annuum*) e pimentão (*C. annuum*). Fitopatologia Brasileira, Brasília, 7: 55-61, 1982.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CAFÉ-FILHO, A.C.; RÊGO, A.M. Comparison of *Phytophthora capsici* inoculation techniques in sweet-pepper, 1983. Biological and Cultural Tests, Minnesota, 1: 12, 1986a.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CAFÉ-FILHO, A.C.; REGO, A.M. Factors affecting expression of resistance in pepper (*Capsicum annuum*) to blight caused by *Phytophthora capsici*, in screening trials. Plant Pathology, London, 35: 451-6, 1986b.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B.; BOITEUX, L.S.; DELLA VECCHIA, P.T.; POULOS, J.M.; KURODA, N. Inheritance of adult plant resistance to *Phytophthora capsici* in pepper. Euphytica, Wageningen, 62(1): 45-50, 1992.
- RETING, N.; KEDAR, N.; KATAN, J. Penetrance of gene I for *Fusarium* resistance in the tomato. Euphytica, Wageningen, 16: 252-7, 1967.
- RIBEIRO, O.K. Physiology of asexual sporulation and spore germination in *Phytophthora*. In: ERWIN, D.C.; BARTNICKI-GARCIA, S.; TSAO, P.H., ed. Phytophthora, its biology, taxonomy, ecology, and pathology. St. Paul, APS Press, 1987. p.55-70.

- SAINI, S.S. & SHARMA, P. Inheritance of resistance to fruit rot (*Phytophthora capsici* Leon.) and induction of resistance in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). Euphytica, Wageningen, 27: 721-3, 1978.
- SALGADO, C.L. & TOKESHI, H. Doenças das Solanáceas. In: GALLI, F., coord. Manual de fitopatologia. 2.ed., São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. v.2, p.497-510.
- SARAIVA, T.R.C.B. Herança da resistência à murcha do pimentão (*Capsicum annuum* L.) causada por *Phytophthora capsici* Leonian. Viçosa, 1982. 40p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- SEGURA, C. B. Busqueda de fuentes de resistencia de aji al hong● *Phytophthora citrophthora*. Turrialba, San Jose, 12:(1): 16-24, 1962.
- SMITH, P.G.; KIMBLE, K.A.; MILLET, A.H. Inheritance of resistance in peppers to *Phytophthora* root rot. Phytopathology, St. Paul, 57(4): 377-9, 1967.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Statistical methods. 7.ed. Iowa, Iowa State University Press, 1980. 507p.
- SOLANES, V.G. & LOTTI, A. Obtencion de pimiento (*Capsicum annuum*) resistente a *Phytophthora*. Fitotecnia Lationoamericana, San Jose, 4(2): 139-45, 1967.
- SOLANES, V.G. & LOTTI, A. Nueva variedad de pimiento (*Capsicum annuum*) resistente a *Phytophthora capsici*. IDIA, San Jose, 271:62-4, 1970.

- SOTIROVA, V.; DASKALOV, S.; POPOVA, D.; BELEVA, L. Resistance in pepper (*C. annuum* L.) to *Phytophthora capsici* Leonian. I. Study on direct and heterotic varieties. In: MEETING GENETIC AND BREEDING ON CAPSICUM, 3., Montfavet, 1977. Proceedings. Montfavet, EUCARPIA, 1977. p.127-36.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistical. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.
- STEVENS, M.R.; SCOTT, S.J.; GERGERICH. Inheritance of gene for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) for *Lycopersicum peruvianum* Mill. Euphytica, Wageningen, 59: 9-17, 1992.
- URBEN, A.F. *Phytophthora capsici* Leonian agente etiológico da murcha de *Capsicum annuum* L. em Minas Gerais. Viçosa, 1980. 63p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- VAN DER PLANK, J.E. Disease resistance in plants. New York, Academic Press, 1968. 206p.
- WATERHOUSE, G.M. The genus of *Phytophthora* of Bary; diagnosis (or descriptions) and figures from the original papers. 2.ed., Kew, Commonwealth Mycological Institute, 1970. 59p. (Mycological papers, 122).
- WESTE, G. Population dynamics and survival of *Phytophthora*. In: ERWIN, D.C.; BARTNICK-GARCIA, S.; TSAO, P.H., ed. Phytophthora; its biology, taxonomy, ecology, and pathology. St. Paul, APS Press, 1987. p.237-57.

YAMAKAWA, K.; MOCHIZUKI, T.; YASUI, H. Screening of cultivated and wild peppers for *Phytophthora capsici* resistance and its inheritance. Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station. Serie A., Tsu-shi, 6: 29-37, 1979.

ZEMA, V.; CRISTINZIO, G.; ERRICO, A.; SACCARDO, F. Characterization of resistance to *Phytophthora capsici* in *C. frutescens* L. In: MEETING GENETICS AND BREEDING ON CAPSICUM AND EGGPLANT, 8., Rome, 1992. Proceedings. Rome, EUCARPIA, 1992. p.184-8.