

Resistência à mancha-bacteriana e características agronômicas de linhas recombinadas de *Capsicum annuum* L.

Sarah Ola Moreira¹, Rosana Rodrigues², Cláudia Pombo Sudré², Elaine Manelli Riva-Souza¹

¹ Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano, BR 262, Km 94, Fazenda do Estado, CEP 29375-000, Venda Nova do Imigrante-ES, Brasil. E-mail: sarah.moreira@incaper.es.gov.br; manelliriva@incaper.es.gov.br

² Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. E-mail: rosana@uenf.br; cpombo@uenf.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a reação à mancha-bacteriana (RMB) e o desempenho agronômico de 18 linhas recombinadas, provenientes do cruzamento entre um pimentão suscetível (UENF 1421) e uma pimenta resistente (UENF 1381). Para RMB, seis plantas de cada genótipo foram conduzidas em casa de vegetação, e inoculadas com suspensão bacteriana na concentração de 10^5 ufc mL⁻¹. A avaliação foi realizada por dois métodos: a escala de notas, variando entre 1 (resistente) e 5 (suscetível) e pela área abaixo da curva de progresso da doença. Para o desempenho agronômico, foi instalado um experimento em campo, conduzido em blocos ao acaso, onde se avaliou a produção e padrão de frutos, arquitetura da planta e a presença de capsaicina. Os dados foram submetidos à análise de variância, agrupando-se as médias pelo teste Scott Knott e foram estimados os parâmetros genéticos. Cinco linhas foram resistentes à mancha-bacteriana. Destacaram-se as linhas pungentes 8 e 13, por seu número e massa média de frutos de formato cônico; a linha 11, pelo formato do fruto e porte anão foi indicada para utilização como ornamental. A linha 1, não-pungente, destacou-se, pelo formato cônico e por frutos de 13 gramas.

Palavras-chave: Desempenho agronômico, parâmetros genéticos, pimenta, pimentão, *Xanthomonas euvesicatoria*

*Bacterial spot resistance and agronomic characteristic in *Capsicum annuum* recombinant inbred lines*

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the bacterial spot resistance and the agronomic performance of 18 recombinant lines from crosses between a susceptible sweet pepper (UENF 1421) and a resistant chili pepper (UENF 1381). For bacterial spot resistance, six plants of each line were grown under greenhouse conditions and inoculated with a bacterial suspension in a 10^5 cfu mL⁻¹ concentration. The evaluation were done using two methods: a rate scale, from 1 (resistant) to 5 (susceptible) and calculating area under progress disease curve. The agronomic performance estimate, an experiment was carried out in randomized block design, which evaluated the pattern and production of fruit, plant architecture and the presence of capsaicin. The data were submitted to analysis of variance, Scott Knott test of mean clustering and genetic parameters were estimated. Five lines were resistant to BS. Lines 8 and 13, had higher yield of pungent fruits in a conical shape. Line 11 has a potential considering ornamental purposes, since it has a small size of the plant. Line 1, is a non-pungent type, by its conical shape and fruit of 13 grams.

Key words: Agronomic performance, chili pepper, sweet pepper, *Xanthomonas euvesicatoria*

Introdução

A mancha-bacteriana, causada por *Xanthomonas euvesicatoria*, é considerada a principal doença bacteriana da cultura da pimenta e do pimentão. Esta doença pode causar danos foliares significativos, tanto em ambiente protegido quanto no campo, acarretando perda da produção e da qualidade dos frutos (Jones et al., 2004; Marcuzzo et al., 2009; Riva-Souza et al., 2009; Hamza et al., 2010).

A doença é disseminada pelo vento, pela água da chuva, por insetos e pelo uso de ferramentas e sementes contaminadas, sendo as sementes contaminadas a principal forma de disseminação a longas distâncias (Marcuzzo et al., 2009). Deste modo, a prevenção da doença deve incluir, dentre outras técnicas, o uso de sementes e mudas sadias, obtidas a partir de lavouras livres da doença (Cuppels et al., 2006).

No campo, a mancha-bacteriana é de difícil controle, devido à baixa eficiência dos antibióticos e à predominância de estirpes resistentes ao sulfato de estreptomicina e aos produtos à base de cobre. Os antibióticos, apesar de serem recomendados no início de ocorrência da doença, contribuem para a seleção de populações bacterianas resistentes aos princípios ativos dos produtos, para o aumento do risco de contaminação ambiental e do consumidor e oneram o custo de produção (Carmo et al., 2006; Cuppels et al., 2006; Silva et al., 2006; Marcuzzo et al., 2009).

Vários autores citam o uso de cultivares resistentes como o processo mais eficaz no controle de doenças em plantas (Quezado-Duval & Camargo, 2004; Silva-Lobo et al., 2005; Riva-Souza et al., 2007, 2009). A resistência genética é desejada, por reduzir a contaminação do ambiente e dos alimentos pelo uso de pesticidas (Riva-Souza et al., 2009).

Estudos sobre o controle genético da resistência da mancha-bacteriana têm sido realizados no Brasil e no exterior. Genes que conferem resistência à mancha-bacteriana já foram identificados, sendo seis genes dominantes (*Bs1*, *Bs2*, *Bs3*, *Bs4*, *BsT* e *Bs7*) e, pelo menos, dois recessivos (*bs5* e *bs6*) (Stall et al., 2009; Potnis et al., 2012). Há também relatos de pelo menos três genes recessivos controlando a resistência à mancha-bacteriana em um cruzamento entre um pimentão suscetível (UENF 1421) e uma pimenta resistente (UENF 1381) (Riva et al., 2004a).

Para que uma cultivar seja utilizada pelos agricultores, além da resistência a doenças, as características morfológicas e a capacidade produtiva são de suma importância. No entanto, Moreira et al. (2009) evidenciaram que a produção de pimenta e pimentão é altamente influenciada pelo ambiente, bem como, que há diferenças no comportamento dos genótipos de *Capsicum annuum* de acordo com o manejo produtivo empregado. Assim, antes da escolha de um novo genótipo a ser plantado em determinado local, é sempre desejável que existam ensaios visando à avaliação de seu desempenho agrônomo neste ambiente, favorecendo o potencial adaptativo dos materiais à região de cultivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à mancha-bacteriana e o desempenho agrônomo de 18 linhas recombinadas de *C. annuum*, em condições de campo no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos, instalados no município de Campos dos Goytacazes, RJ, nas coordenadas geográficas de latitude 21°19'23 "S e longitude de 41°19'40" W, a 13 m de altitude, no período de maio a dezembro de 2007. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo "Aw" com temperatura média anual é de 22,4 °C e precipitação média anual de 1.125 mm (Alvares et al., 2013). Durante os experimentos, a temperatura média foi de 21,7 °C e a máxima de 27,6 °C. A pluviosidade variou de 4,4 mm em agosto a 142,5 em dezembro. A evapotranspiração não variou muito nesse período (entre 2,37 e 2,90 mm), possivelmente porque a escassez de chuva foi compensada pela irrigação.

Foram utilizadas 18 linhas recombinadas (LR) que correspondem à geração F_7 do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381. O acesso UENF 1421 é suscetível à mancha-bacteriana e apresenta características de produção e qualidade do fruto que atendem ao mercado de pimentão. O acesso UENF 1381 é uma pimenta que vem sendo utilizado como fonte de resistência à mancha-bacteriana no programa de melhoramento desenvolvido pela UENF. As linhas foram obtidas pelo método *Single Seed Descent* (SSD) e selecionadas para a resistência à mancha-bacteriana e outros atributos agrônômicos por Riva et al. (2004a) e Riva-Souza et al. (2007; 2009). Também foram avaliados o genitor UENF 1381, a cultivar *Early California Wonder* (ECW), utilizada como testemunha para suscetibilidade à mancha-bacteriana e uma cultivar atualmente comercializada junto aos produtores ('Itapuã 501').

As mudas dos 21 genótipos foram produzidas em bandeja de poliestireno expandido com 128 células com substrato comercial. Trinta dias após a semeadura, quando as mudas estavam com quatro a cinco folhas definitivas, foi realizado o transplantio.

No primeiro experimento, para avaliação da reação a mancha-bacteriana, as mudas foram transplantadas para copos plásticos de 500 mL. Essas plantas foram mantidas em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, em delineamento inteiramente ao acaso, com seis repetições.

A inoculação foi realizada 20 dias após o transplantio, por infiltração de suspensão bacteriana (inóculo) na superfície abaxial da folha, previamente identificada (Quezado-Duval & Camargo 2004; Riva et al., 2004a). Foi inoculado 1 cm² de área foliar. Para o preparo do inóculo, foi utilizado o isolado ENA 4135, caracterizado como raça TIP3, em testes realizados anteriormente por Riva et al. (2004b), com base em genótipos diferenciadores e resistente ao cobre. O isolado preservado em água foi recuperado, transferindo a suspensão bacteriana para placas de Petri, contendo meio DYGS. Após a permanência em estufa por 48 h a 28 °C, as colônias bacterianas foram suspensas em água destilada e autoclavada, e sua concentração ajustada para 10⁸ ufc mL⁻¹ com auxílio de espectrofotômetro, utilizando-se o comprimento de onda de 600 nm e a absorbância de 0,300 ($A_{600} = 0,3$) (Quezado-Duval & Camargo, 2004). Em seguida, foi realizada uma diluição em série até a concentração de 10⁵ ufc mL⁻¹, segundo Riva-Souza et al. (2009).

A avaliação da reação à mancha-bacteriana foi realizada por dois métodos. A escala de notas (NOTA) foi feita a partir do quinto dia após a inoculação, por meio de sete observações, com intervalo de um dia, conferindo notas de 1 a 5 para os sintomas no local da inoculação. A nota 1 foi conferida quando não havia nenhum sintoma visível; a nota 2, quando o local de inoculação apresentava cor amarelada; a nota 3 foi aplicada quando as folhas estavam amareladas e com alguns pontos de necrose; a nota 4, quando apresentaram manchas necrosadas; e a nota 5, quando a área inoculada estava totalmente necrosada. Ao final das avaliações, as plantas que receberam média das notas inferiores a 2 foram consideradas resistentes e as que receberam notas superiores a esta, suscetíveis (Riva-Souza et al., 2009). Posteriormente, os valores das notas foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), por meio do programa AVACPD (Torres & Ventura, 1991). Menores áreas abaixo da curva de progresso da doença indicam menor incidência da doença. Desta forma, após a realização da análise de variância e do teste de médias, os genótipos com as menores médias agrupadas com a mesma letra foram considerados resistentes. Para este trabalho foram consideradas resistentes as linhas endogâmicas agrupadas com as menores médias pelos dois métodos de avaliação (NOTA e AACPD).

Para a avaliação das características agronômicas foi conduzido um experimento na área de convênio da Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO - RIO) com a UENF. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições, sendo cada parcela constituída por 12 plantas úteis. O espaçamento foi de 1,0 entre fileiras x 0,5 m entre plantas. Foi plantada uma bordadura da cultivar Ikeda, suscetível à mancha-bacteriana. Os demais tratamentos culturais, como tutoramento e controle de pragas, foram realizados segundo a recomendação para a cultura. Para irrigação, utilizou-se o sistema de aspersão.

Foram realizadas cinco colheitas, como sugerido por Moreira & Rodrigues (2010), nas quais foram avaliadas as seguintes características: número total de frutos (NTF); massa total de frutos (MTF), em gramas; massa média dos frutos (MMF), em g fruto⁻¹, obtido pela divisão do MTF pelo NTF; comprimento dos frutos (CF), em mm; diâmetro dos frutos (DF), em mm, ambos medidos em uma amostra aleatória de um fruto por planta; relação entre o comprimento e o diâmetro do fruto (CF/DF); altura da planta (AP), em cm, obtida medindo-se do colo ao ponto mais alto da planta; diâmetro da copa (DC), em cm, obtido medindo-se o maior diâmetro da copa da planta. A altura da planta e o diâmetro da copa foram medidos em três plantas por parcela, aos 150 dias após o transplante; presença ou ausência de capsaicina (CAPS), avaliada mediante a imersão de uma porção da placenta de frutos de aproximadamente 1,0 cm em uma solução de 3 mL de vanadato de amônio, de acordo com as modificações feitas no método de Derera (2000), por Riva (2006). Foi avaliado um fruto por planta.

Os dados originais foram submetidos à análise de variância, agrupando-se as médias pelo Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foram estimados os seguintes parâmetros: variância genotípica média (σ_g^2); variância fenotípica

média (σ_p^2); variância ambiental média (σ^2); coeficiente de determinação genotípico (H^2); coeficiente de variação genética (CV_g) e índice de variação (CV_g/CV_p). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Programa Computacional Genes (Cruz, 2006).

Resultados e Discussão

Houve diferença significativa pelo Teste F ($P < 0,05$) para todos os caracteres analisados, evidenciando a variabilidade entre as linhas estudadas. Os coeficientes de variação (CV) das características avaliadas nos frutos variaram entre 6,68 e 28,19% para diâmetro e massa média dos frutos, respectivamente, possivelmente, porque, tanto no pimentão quanto na pimenta, a taxa de florescimento é parcialmente retardada pelo desenvolvimento do fruto, alternando o crescimento vegetativo e do fruto, resultando em diferente intensidade de frutificação e de crescimento do fruto durante o ciclo (Fontes et al., 2005).

No experimento de reação a mancha-bacteriana (RMB), os CVs verificados para os dois métodos analisados foram considerados altos (32,88% para AACPD e 30,84% para NOTA). No entanto, para a área abaixo da curva de progresso da doença, estes valores estão de acordo com os apresentados por Silva et al. (2006), que encontraram CV acima de 30% para avaliação da mancha-bacteriana em pimentão. A abscisão foliar, provocada pelo rápido avanço da doença, observada em algumas plantas suscetíveis, impossibilitando as avaliações subsequentes, e a segregação observada em algumas linhas, podem ter sido responsáveis por esse valor.

O agrupamento das médias diferiu nos dois métodos utilizados para avaliar a reação a mancha-bacteriana (Tabela 1). Para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), 11 linhas tiveram as menores médias e foram consideradas resistentes (agrupadas com a letra C). A formação de três grupos na AACPD evidencia maior abrangência deste método, uma vez que os dados de todas as avaliações realizadas são utilizados na análise e, para a avaliação pela escala de notas, considera-se apenas a última avaliação (Riva, 2006).

Para a avaliação pela escala de notas (NOTA), considerando o ponto de corte igual a 2,00, as linhas 1, 6, 8, 11, 13 e 17 foram consideradas resistentes. O ponto de corte igual a 2,00, sugerido por Riva-Souza et al. (2009), foi baseado nas notas dos genitores das linhas que estavam sendo avaliadas, nas quais o maior número de indivíduos do genitor suscetível obtiveram notas superiores a 2,00, e o genitor resistente apresentou somente plantas com notas inferiores a 2,00. Dentre as linhas consideradas resistentes pela avaliação da escala de notas, destacou-se as LR 1 e LR 8, que tiveram nota inferior ao genitor resistente (UENF 1381). Riva-Souza et al. (2009) avaliando esta mesma variável para a geração F_6 das linhas avaliadas neste trabalho, observou que 35,4% linhas avaliadas foram mais resistentes do que o acesso UENF 1381. Considerando-se que a resistência à mancha-bacteriana nesta população seja controlada por no mínimo três genes de caráter recessivo (Riva et al., 2004b) na população gerada após o cruzamento entre UENF 1421 e UENF1381, pode estar havendo um aumento da frequência de alelos recessivos e, conseqüentemente, de

Tabela 1. Médias de nove características agrônômicas e de dois métodos de avaliação de reação à mancha-bacteriana de 18 linhas recombinadas, do acesso UENF 1381 e de cultivares de pimentão

Genótipos	Médias ¹									
	AACPD ³	NOTA	NTF	MTF	MMF	CF	DF	CF/DF	AP	DC
1 ²	16,2 C	1,4 B	51,8 B	658,3 C	13,1 C	83,9 B	27,2 D	3,1B	73,7A	87,1A
2	27,5 C	3,3 B	101,0 A	773,9 B	7,7 C	79,0 B	21,5 E	3,7A	58,8B	70,3A
3	43,8 B	4,2 A	56,6 B	618,9 C	10,9 C	86,6 B	26,1 D	3,3B	69,1A	73,9A
4	40,3 B	4,0 A	72,0 A	355,2 D	5,1 C	39,1 C	17,6 F	2,1C	51,7B	59,3B
5	40,8 B	4,5 A	51,0 B	582,0 C	11,7 C	76,6 B	25,0 D	3,1B	64,1A	62,1B
6 ²	16,7 C	1,6 B	79,5 A	649,5 C	8,2 C	52,8 C	24,4 D	2,2C	63,8A	64,9B
7	32,7 B	3,5 A	73,3 A	551,9 C	7,6 C	56,5 C	20,5 E	2,7B	71,3A	72,2A
8 ²	12,0 C	1,0 B	81,8 A	635,5 C	7,9 C	62,8 C	21,9 E	2,9B	66,0A	67,1B
9	24,0 C	3,3 A	91,6 A	656,5 C	7,2 C	54,5 C	23,3 E	2,3C	60,9B	65,9B
10	20,5 C	2,5 B	69,2 A	636,9 C	9,1 C	60,4 C	27,4 D	2,2C	55,3B	63,3B
11 ²	12,3 C	1,5 B	64,2 A	698,9 C	10,7 C	65,2 C	31,9 C	2,0C	62,4A	60,7B
12	39,5 B	3,8 A	54,7 B	542,9 C	10,0 C	71,6 B	21,8 E	3,3B	68,0A	69,7A
13 ²	21,5 C	1,8 B	87,2 A	690,1 C	7,8 C	65,9 C	21,5 E	3,1B	52,8B	73,4A
14	21,0 C	2,2 B	81,0 A	617,0 C	7,7 C	51,6 C	26,2 D	1,9C	68,3A	75,2A
15	25,0 C	2,7 B	47,1 B	463,0 C	9,8 C	72,2 B	22,0 E	3,3B	77,9A	80,7A
16	37,0 B	4,0 A	84,7 A	643,1 C	7,5 C	84,0 B	20,0 E	4,2A	64,6A	73,4A
17	44,0 B	1,4 B	86,9 A	637,2 C	7,4 C	59,3 C	21,1 E	2,8A	58,8B	66,2B
18	45,8 B	4,6 A	53,9 B	552,9 C	10,3 C	60,5 C	27,1 D	2,2C	70,3A	73,9A
UENF 1381 ²	15,5 C	1,4 B	96,2 A	321,1 D	3,3 C	41,8 C	13,7 F	3,0B	50,1B	70,2A
'ECW'	54,3 A	4,5 A	10,2 C	842,9 B	82,3 A	74,3 B	69,2 A	1,1D	47,6B	57,7B
'Itapuã 501'	56,0 A	5,0 A	17,3 C	1115,1 A	64,4 B	112,0 A	61,2 B	1,8C	74,7A	81,0A

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de agrupamento de médias de Scott Knott

² Linhas que indicam genótipos resistentes à mancha-bacteriana, por ambos os métodos de avaliação e considerando o ponto de corte de 2,0.

³ AACPD: reação à mancha-bacteriana pelo método da área abaixo da curva de progresso da doença; NOTA: reação à mancha-bacteriana pelo método da escala de notas. NTF: número total de frutos; MTF: massa total de frutos (g); MMF: massa média dos frutos (g fruto⁻¹); CF: comprimento dos frutos (mm); DF: diâmetro dos frutos (mm); CF/DF: relação comprimento/diâmetro do fruto; AP: altura da planta (cm); DC: diâmetro da copa (cm).

loci homozigóticos recessivos, acarretando no surgimento dos indivíduos transgressivos (Riva, 2006).

Considerando que o programa de melhoramento da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro objetiva a obtenção de cultivares de pimenta e pimentão resistentes a mancha-bacteriana, optou-se por considerar resistentes somente as linhas com as menores médias pelos dois métodos de avaliação da reação a mancha-bacteriana, ou seja, as linhas 1; 6; 8; 11 e 13, além do parental UENF 1381. Diante disso, a linha 17, apesar de ter nota inferior a 2,0, foi considerada suscetível pela média de valor intermediário para a área abaixo da curva de progresso da doença.

Neste experimento, o genitor UENF 1381 confirmou sua resistência e as cultivares ECW e Itapuã 501 confirmaram a suscetibilidade, pelos dois métodos de avaliação da reação a mancha-bacteriana.

No experimento instado em condições de campo, a temperatura mínima média foi de 18,5 °C, a temperatura máxima média de 27,6 °C e umidade relativa média foi de 82,7%. Estas condições meteorológicas foram adequadas para o cultivo, especialmente para as pimenteiras que exigem temperatura um pouco mais alta que os pimentões para produzir. Esta temperatura também é favorável ao desenvolvimento da mancha-bacteriana. No entanto, não foi observada a presença desta doença neste experimento, mesmo esta mesma área sendo utilizada para experimento de *Capsicum* spp. por anos consecutivos. Possivelmente a umidade do ar mínima média de 47% não foi suficiente para a disseminação da doença, que é fortemente influenciada pela umidade do ar e molhamento nas folhas. Segundo Marcuzzo et al. (2009), à medida que se aumenta o número de horas de molhamento foliar, ocorre acréscimo na severidade da doença, desde que ocorram condições favoráveis de temperatura.

Para as características agrônômicas, as médias obtidas nesse experimento permitiram inferir que, de modo geral, as linhas caracterizaram-se por plantas de porte baixo (63 cm) com frutos leves (15 g fruto⁻¹) e em grande número (67 frutos planta⁻¹), características mais encontradas em pimenteiras.

Para o número total de frutos, verificou-se que o grupo de maiores médias variou de 64 a 101 frutos (Tabela 1). Os menores valores foram obtidos por 'ECW' e 'Itapuã 501', ainda que superiores aos obtidos por Rocha et al. (2006) para cultivares comerciais de pimentão. A maior massa total de frutos foi obtida pela cultivar de pimentão Itapuã 501, e a menor, pelo genitor UENF 1381. Foi possível observar que o número e a massa média dos frutos mostraram variação entre os genótipos estudados, formando dois grupos, um deles formado por linhas recombinadas que tiveram frutos pequenos e numerosos, características peculiares às pimenteiras; e o segundo grupo, formado por linhas com poucos frutos de maior massa, representado pelas cultivares de pimentão. Esses dados evidenciam a grande variabilidade de padrões de frutos existentes dentro da espécie *C. annum*.

O comprimento do fruto (CF) variou entre 39,07 e 112,02 mm e o diâmetro do fruto (DF) entre 13,70 e 69,16 mm. Para as duas características, a linha 4 teve valores baixos, sendo ideal para ser utilizada como ornamental, não diferindo significativamente do acesso UENF 1381, genótipo utilizado como um dos genitores que deram origem às linhas estudadas. Esses valores de comprimento e diâmetro estão em conformidade com os apresentados por Moreira et al. (2006) para cultivares comerciais de pimenta do tipo jalapeño.

A relação entre o comprimento e o diâmetro do fruto (CF/DF) dá uma boa noção do formato do fruto: frutos com CF/DF próximos da unidade são considerados quadrados ou cilíndricos curtos; valores intermediários indicam o formato retangular

ou cônico; e valores próximos ou superiores a 3,5, formatos alongado ou piramidal (Moreira et al., 2006). Considerando essa classificação, notou-se que o formato retangular ou cônico prevaleceu entre as linhas avaliadas. Diferindo destas, somente as linhas 16 e 2, que tiveram formatos alongados, típicos de pimenta-cayenne; e a cultivar ECW, que teve o formato quadrado.

Para as características relacionadas com a arquitetura da planta, percebeu-se que as linhas com maior altura de planta (AP) também apresentaram maior diâmetro da copa (DC). Esse fato ocorreu em nove linhas. Notou-se também o inverso, menor valor de AP e DC para cinco linhas, revelando a forte correlação entre estes caracteres, conforme relatado por Moreira et al. (2013). Lúcio et al. (2006) relataram que, com a redução no número de colheitas, diminui-se o ciclo da planta, fazendo com que as plantas tenham porte reduzido, essa pode ser a causa pela qual as plantas desse experimento serem baixas, e, conseqüentemente, baixo DC, uma vez que foram realizadas apenas cinco colheitas.

A capsaicina, um dos alcaloides que conferem o ardor dos frutos de *C. annuum* é produzida na placenta dos frutos e liberada quando o fruto sofre qualquer dano físico (Moreira et al., 2006). Segundo Rodrigues et al. (2012), esta é uma das principais características a ser avaliada pelos melhoristas de *Capsicum*. Entre os genótipos estudados, as linhas recombinadas 1, 2 e 14, 'ECW' e 'Itapuã' não tiveram capsaicina. Entre estas linhas não-pungentes, somente a LR 1 foi considerada resistente à mancha-bacteriana. Duas linhas segregaram para a característica (LR 6 e LR 12) e as demais (13 linhas recombinadas) foram pungentes. Em *C. annuum*, a pungência nos frutos é condicionada pelo gene *C*, localizado no cromossomo 2 (Blum et al., 2002). Apesar de a presença ou ausência de capsaicina ser determinada por um gene, a quantidade de capsaicina é uma característica quantitativa, e por isso, influenciada por condições ambientais. Além disso, nas linhas em que houve segregação, pode ter sido utilizada uma parte da placenta onde ainda não houve produção deste composto, influenciando o resultado. Diante de tais resultados, adaptações na metodologia empregada ou outras metodologias mais precisas deverão ser utilizadas para a avaliação deste caráter em trabalhos futuros.

A altura da planta, o diâmetro da copa e a massa total dos frutos tiveram maior influência do ambiente, por terem as maiores variâncias ambientais, e, conseqüentemente, os menores coeficientes de determinação genotípicos (Tabela 2). Ainda assim, para todas os caracteres estudados, o coeficiente

de determinação foi superior a 72%, demonstrando a possibilidade de sucesso para seleção.

A avaliação da reação a mancha-bacteriana por meio da área abaixo da curva de progresso da doença e da escala de notas, o diâmetro, a massa média e a relação entre o comprimento e o diâmetro dos frutos tiveram coeficientes de determinação genotípico superiores a 90%, sendo, portanto, os caracteres que melhor demonstraram os efeitos dos genes que os controlam. Este resultado é ainda mais importante para a avaliação da reação a mancha-bacteriana, demonstrando que a resistência/suscetibilidade é dada pelo genótipo, o que facilita o processo de seleção ao longo das gerações.

Ao longo do avanço das gerações deste mesmo cruzamento (UENF 1381 x UENF 1421) foi possível observar um incremento no coeficiente de determinação genotípico para a resistência a doença. Riva et al. (2004a) identificaram a herdabilidade sentido restrito de 50,17% ao estudar na geração F_2 e, para a geração F_6 , Riva-Souza et al. (2009) obtiveram coeficientes de determinação genotípico superiores a 70%. Neste trabalho, com o avanço de apenas mais uma geração, o coeficiente de determinação genotípico superou os 90%. Ao avançar as gerações, passa-se a trabalhar com linhagens puras, onde toda variação corresponde à variabilidade resultante de ação gênica do tipo aditiva, ou seja, o H^2 estimado corresponde à herdabilidade no sentido restrito. Ao se fixar as linhagens, ocorre duplicação no componente aditivo de variância. A variância entre linhagens corresponde a $2\sigma_A^2$. Tal fato justifica os elevados valores de H^2 e, conseqüentemente, contribui para maior precisão na seleção das linhagens superiores potencializando os ganhos genéticos (Ribeiro et al., 2009).

O maior valor do coeficiente de variação genética foi obtido para a massa média dos frutos, indicando que esta característica apresentou grande variação genética entre as linhas estudadas. Com exceção da altura da planta e do diâmetro da copa, os índices de variação das demais características foram superiores à unidade. Segundo Cruz et al. (2012), altas estimativas de coeficiente de determinação genotípicos associados a um índice de variação maior que a unidade refletem uma situação muito favorável para a seleção.

Para todas os caracteres deste estudo, as possibilidades de sucesso na seleção de genótipos mais adaptados a diferentes regiões são elevadas. O comportamento em diferentes ambientes de parte das linhas foi avaliado por Moreira et al. (2009), que evidenciaram que há diferenças no comportamento dos genótipos de acordo com o manejo empregado, permitindo

Tabela 2. Estimativa da variância genotípica média (σ_g^2); variância fenotípica média (σ_p^2); variância ambiental média (σ_e^2); coeficiente de determinação genotípico (H^2); coeficiente de variação genética (CV_g) e do índice de variação (CV_g/CV_e) de dois métodos de avaliação de reação a mancha-bacteriana e oito características agronômicas em *Capsicum annuum* (L.).

Parâmetros genéticos	Caracteres									
	AACPD	NOTA	NTF	MTF	MMF	CF	DF	CF/DF	AP	DC
σ_p^2	189,5	1,68	569,5	26645,3	392,4	280,7	176,5	0,52	71,7	57,0
σ_e^2	17,1	0,15	80,7	4718,9	5,8	34,9	1,1	0,05	18,3	15,0
σ_g^2	172,4	1,53	488,7	21926,3	386,7	245,8	175,4	0,47	53,3	42,0
H^2	90,99	90,86	85,82	82,29	98,53	87,57	99,38	90,93	74,42	73,74
CV_g	42,65	39,69	32,90	23,48	133,32	23,34	48,75	25,63	11,53	9,27
CV_g/CV_e	1,29	1,29	1,42	1,24	4,72	1,53	7,30	1,83	0,98	0,97

¹ AACPD: área abaixo da curva de progresso da doença; NOTA: método da escala de notas; NTF: número total de frutos; MTF: massa total de frutos; MMF: massa média dos frutos; CF: comprimento dos frutos; DF: diâmetro dos frutos; CF/DF: relação comprimento/diâmetro do fruto; AP: altura da planta; DC: diâmetro da copa.

a identificação de melhores linhas em cada um dos sistemas de cultivo.

Conclusões

As linhas recombinadas 1, 6, 8, 10 e 13 foram consideradas resistentes pelos dois métodos de avaliação utilizados.

Há ampla variabilidade quanto à produção, ao formato de frutos e à arquitetura da planta.

Os parâmetros genéticos indicam a possibilidade de seleção entre as linhas estudadas, permitindo associar alta produção, resistência à mancha-bacteriana, tipo de mercado e adaptação à região de cultivo.

Por sua resistência a mancha-bacteriana e padrão de fruto, destacaram-se, entre as pimentas, as linhas 8 e 13, por terem características desejadas para o consumo *in natura* ou para conservas; a linha 11, indicada para utilização como ornamental; a linha 1, não-pungente, sugerida para o comércio das mini-hortaliças.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de mestrado à primeira autora; ao José Manoel de Miranda (PESAGRO-RIO) e a sua equipe e aos colegas do LMGV, pelo auxílio na execução dos experimentos.

Literatura Citada

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Spavorek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>.
- Blum, E.; Liu, K.; Mazourek, M.; Yoo, E. Y.; Jahn, M.; Paran, I. Molecular mapping of the *C locus* for presence of pungency in *Capsicum*. *Genome*, v.45, n.4, p.702-705, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1139/g02-031>>.
- Carmo, M. G. F.; Zerbini Júnior, F. M.; Maffia, L. A. Principais doenças da cultura da pimenta. Informe Agropecuário, v.27, n.235, p.87-98, 2006. <http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2839>. 20 Ago. 2014.
- Cruz, C. D. Programa Genes: estatística experimental e matrizes. Viçosa: Editora UFV, 2006. 285p.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas. 4 ed., Viçosa: Editora UFV. 2012. 514p.
- Cuppels, D. A.; Louws, F. J.; Ainsworth, T. Development and evaluation of PCR-based diagnostic assays for the bacterial speck and bacterial spot pathogens of tomato. *Plant Disease*, v.90, n.4, p.451-458, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1094/PD-90-0451>>.
- Derera, F. Condiment Paprika: breeding, harvesting & commercialisation. Barton: RIRDC, 2000. 33p. <<https://rirdc.infoservices.com.au/downloads/00-155.pdf>>. 15 Jul. 2013.
- Fontes, P. C. R.; Dias, E. N.; Silva, D. J. H. Dinâmica de crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.23, n.1, p.94-99, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000100020>>.
- Hamza, A. A.; Robène-Soustrade, I.; Jouen, E.; Gagnevin, L.; Lefeuvre, P.; Chiroleu, F.; Pruvost, O. Genetic and pathological diversity among *Xanthomonas* strains responsible for bacterial spot on tomato and pepper in the southwest Indian Ocean region. *Plant Disease*, v.94, n.8, p.993-999, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-94-8-0993>>.
- Jones, J. B.; Lacy, G. H.; Bouzar, H.; Stall, R. B.; Schaad, N. Reclassification of the *Xanthomonads* associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic and Applied Microbiology*, v.27, n.6, p.755-762, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1078/0723202042369884>>.
- Lúcio, A. D.; Lorentz, L. H.; Boligon, A. A.; Lopes, S. J.; Storck, L.; Carpes, R. H. Variação temporal da produção de pimentão influenciada pela posição e características morfológicas das plantas em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.1, p.31-35, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000100007>>.
- Marcuzzo, L. L.; Fernandes, J. M. C.; Becker, W. F. Influência da temperatura e da duração do molhamento foliar na severidade da mancha bacteriana do tomateiro. *Summa Phytopathologica*, v.35, n.3, p.229-230, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052009000300013>>.
- Moreira, G. R.; Caliman, F. R. B.; Silva, D. J. H.; Ribeiro, C. S. C. Espécies e variedades de pimenta. Informe Agropecuário, v.27, n.235, p.16-29, 2006. <http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2839>. 20 Ago. 2014.
- Moreira, S. O.; Gonçalves, L. S. A.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Amaral Júnior, A. T.; Medeiros, A. M. Correlações e análise de trilha sob multicolinearidade em linhas recombinadas de pimenta (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, n.1, p.15-20, 2013. <<http://doi:10.5039/agraria.v8i1a1726>>.
- Moreira, S. O.; Rodrigues, R.; Araújo, M. L.; Riva-Souza, E. M.; Oliveira, R. L. Desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas de pimenta em dois sistemas de cultivo. *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1387-1393, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400013>>.
- Moreira, S. O.; Rodrigues, R. Coeficiente de repetibilidade para caracteres de produção de frutos em linhas recombinadas de pimenta. *Horticultura Brasileira*, v.28, n.2 (Suplemento), p.S2385-S2390, 2010. <http://www.abhorticultura.com.br/eventos/trabalhos/ev_4/A2635_T4067_Comp.pdf>. 06 Jan. 2013.
- Potnis, N.; Minsavage, G.; Smith, K.; Hurlbert, J. C.; Norman, D.; Rodrigues, R.; Stall, R. E.; Jones, J. B. Avirulence proteins AvrBs7 from *Xanthomonas gardneri* and AvrBs1.1 from *Xanthomonas euvesicatoria* contribute to a novel gene-for-gene interaction in pepper. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v.25, n.3, p.307-320, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1094/MPMI-08-11-0205>>.

- Quezado-Duval, A. M.; Camargo, L. E. A. Raças de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomate para processamento industrial no Brasil. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.1, p.80-86, 2004. <<http://doi.org/10.1590/S0102-05362004000100016>>.
- Ribeiro, E. H.; Pereira, M. M.; Coelho, K. S.; Freitas Júnior, S. P. Estimativas de parâmetros genéticos e seleção de linhagens endogâmicas recombinantes de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, v.56, n.5, p.580-590, 2009. <<http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/V56N005P53809.pdf>>. 05 Jun. 2013.
- Riva, E. M. Uso dos métodos genealógico e “single seed descent” (SSD) para obtenção de linhas de pimentão resistentes à mancha bacteriana. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. 101p. Tese Doutorado. <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/PRODVEGETAL_3434_1161289666.pdf>. 05 Jun. 2013.
- Riva, E. M.; Rodrigues, R.; Gonzaga, M. P.; Sudré, C. P.; Karasawa, M. Inheritance of bacterial spot disease in *Capsicum annuum* L. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.4, n.4, p.490-494, 2004a. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/c8128f42-420e-6cba.pdf>>. 03 Jun. 2013.
- Riva, E. M.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Karasawa, M.; Gonzaga, M. P. Three recessive genes controlling bacterial spot resistance in pepper. In: International Pepper Conference. 17. 2004b, Naples, USA. Book of abstracts..., Naples: UF/IFAS, 2004b. p.21. <<http://conference.ifas.ufl.edu/pepper/abstracts.pdf>>. 05 Jun. 2013.
- Riva-Souza, E. M.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Gonzaga, M. P.; Bento, C. S.; Matta, F. P. Genetic parameters and selection for resistance to bacterial spot in recombinant F_6 lines of *Capsicum annuum*. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.9, n.2, p.108-115, 2009. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/c8129491-83fe-7669.pdf>>. 05 Jun. 2013.
- Riva-Souza, E. M.; Rodrigues, R.; Sudré, C. P.; Gonzaga, M. P.; Viana, A. P.; Amaral Júnior, A. T. Obtaining pepper $F_{2,3}$ lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.4, p.561-565, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362007000400014>>.
- Rocha, M. C.; Carmo, M. G. F.; Polidoro, J. C.; Silva, D. A. G.; Fernandes, M. C. A. Características de frutos de pimentão pulverizados com produtos de ação bactericida. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.1, p.185-189, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000200012>>.
- Rodrigues, R.; Gonçalves, L. S. A.; Bento, C. S.; Sudré, C. P.; Robaina, R. R.; Amaral Júnior, A. T. Combining ability and heterosis for agronomic traits in chili pepper. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.2, p.226-233, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000200008>>.
- Silva, D. A. G.; Rocha, M.; Carvalho, A. O.; Fernandes, M. C. A.; Carmo, M. G. Efeito de produtos químicos e biológicos sobre a mancha bacteriana, flora microbiana no filoplano e produtividade de pimentão. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.2, p.134-140, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000200002>>.
- Silva-Lobo, V. L.; Lopes, C. A.; Giordano, L. B. Componentes da resistência à mancha-bacteriana em tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.30, n.4, p.343-349, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582005000100003>>.
- Stall, R. E.; Jones, J. B.; Minsavage, G. V. Durability of resistance in tomato and pepper to xanthomonads causing bacterial spot. *Annual Review of Phytopathology*, v.47, p.265-84, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081752>>.
- Torres, J. C.; Ventura, J. A. AVACPD: um programa para calcular a área e o volume abaixo da curva de progresso da doença. *Fitopatologia Brasileira*, v.16, n.2, p.207, 1991.