



REGIS DE CASTRO CARVALHO

**OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE PIMENTÃO
COM RESISTÊNCIA A MÚLTIPLOS
PATÓGENOS**

LAVRAS – MG

2013

REGIS DE CASTRO CARVALHO

**OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE PIMENTÃO COM RESISTÊNCIA A
MÚLTIPLOS PATÓGENOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Wilson Roberto Maluf

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Carvalho, Regis de Castro.

Obtenção de híbridos de pimentão com resistência a múltiplos patógenos / Regis de Castro Carvalho. – Lavras: UFLA, 2013.
58 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Wilson Roberto Maluf.

Bibliografia.

1. *Capsicum annuum*. 2. Fitopatógenos. 3. *Phytophthora capsici*.
4. *Meloidogyne incognita*. 5. *Pepper yellow mosaic virus*. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.523

REGIS DE CASTRO CARVALHO

**OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE PIMENTÃO COM RESISTÊNCIA A
MÚLTIPLOS PATÓGENOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 08 de maio de 2013.

Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes UFLA

Dr. Douglas Willian Nogueira UFLA

Dr. Wilson Roberto Maluf
Orientador

LAVRAS – MG

2013

OFEREÇO

Aos meus pais, Sebastião (*in memorian*) e Zael; aos meus avós Ary (*in memorian*) e Ruth (*in memorian*); aos meus irmãos Rodrigo e Lilian; a minha namorada Marilda.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por abençoar o meu caminho e pelas oportunidades que me tem sido concedidas.

A minha mãe Zael, aos meus irmãos Rodrigo e Lilian e aos meus familiares pelo apoio incondicional e incentivo para que eu sempre acreditasse ser possível alcançar os meus objetivos.

A minha namorada Marilda, pelo amor e companheirismo sempre presentes ao longo desta caminhada.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de poder realizar o curso de Mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à empresa HortiAgro Sementes S.A.

Ao Prof. Wilson Roberto Maluf, pela confiança, orientação e amizade construída.

Aos membros da banca examinadora, professor Luiz Antônio Augusto Gomes e Douglas Willian Nogueira, por contribuírem de forma decisiva para a qualidade desta dissertação.

Aos professores da área de Genética e Melhoramento de Plantas pelos ensinamentos transmitidos e agradável convivência.

Aos técnicos Paulo Moretto e Vicente Licursi, pelo apoio e grande amizade.

Aos funcionários da HortiAgro Sementes S.A., pela grande ajuda.

A todos os colegas do Núcleo de Estudos em Genética (GEN), pela amizade e boa convivência.

Aos colegas de orientação: Douglas, César, André, Luis Felipe, Thiago, Danilo, Marcela, Aline, Alex, Eva e Gabriela.

Aos companheiros de república: Saulo, Felipe e Giovanio pela amizade e apoio.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, estiveram comigo durante esta caminhada, o meu MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma hortaliça cultivada em todo o Brasil e encontra-se entre as dez olerícolas mais consumidas no país, com área cultivada anualmente em torno de 12.000 hectares. A produção nacional concentra-se nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Nos últimos anos, tem sido observado um aumento significativo na produção, principalmente, após a utilização de cultivares híbridas e a intensificação do uso de estufas. A ocorrência de doenças é um dos principais problemas do cultivo do pimentão no Brasil. O objetivo deste trabalho foi caracterizar híbridos experimentais de pimentão, e suas linhagens parentais, quanto às reações de resistência à *Phytophthora capsici*, *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) e *Meloidogyne incognita*, e identificar híbridos possivelmente resistentes a esses três patógenos. Os trabalhos foram realizados em casa de vegetação na área experimental da empresa HortiAgro Sementes S.A. Foram utilizadas dez linhagens, trinta híbridos experimentais, e sete testemunhas comerciais (Konan-R, Magali-R, Martha-R, Stephany, Mallorca, Magnata Super e Criollo de Morelos-334). Para cada um dos experimentos, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Na avaliação das reações a *P. capsici* e ao PepYMV, foram consideradas as porcentagens de plantas sem os respectivos sintomas. Na avaliação das reações a *M. incognita*, foram calculados o índice de reprodução e o fator de reprodução do nematoide. Foram identificados cinco híbridos com resistência aos três patógenos. Tanto para *P. capsici*, quanto para PepYMV e *M. incognita*, foram encontradas evidências de que híbridos com duas linhagens parentais resistentes apresentam níveis de resistência ligeiramente superiores àqueles com apenas uma linhagem parental resistente.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*. *Pepper yellow mosaic virus*. *Phytophthora capsici*. *Meloidogyne incognita*.

ABSTRACT

Sweet peppers (*Capsicum annuum* L.) are amongst the most widely cultivated vegetables in Brazil, with a cultivated area of 12.000 ha per year. Production is concentrated in São Paulo and Minas Gerais states. In the past few years, there has been a significant increase in the total production, along with the increased deployment of hybrid cultivars and use of greenhouses. Diseases are amongst the major limiting factors for sweet pepper production. The objective of this work was to characterize resistance for major pathogens (*Phytophthora capsici*, Pepper yellow mosaic virus – PepYMV and *Meloidogyne incognita*) in a group of experimental hybrids and their respective parental lines, and to identify hybrids possibly resistant to all three pathogens. The trials were carried out in a greenhouse in the HortiAgro Sementes S.A experiment station. Ten parental breeding lines, thirty experimental hybrids and seven commercial control (Konan-R, Magali-R, Martha-R, Stephany, Mallorca, Magnata Super and Criollo de Morelos-334) were used. For each experiment was set up in accordance to a randomized complete block design with three replications. Upon evaluating reactions to *P. capsici* and PepYMV were considered the percentage of plants without their symptoms. In evaluating the reactions *M. incognita*, were calculated both the nematode reproduction indices and the reproduction factor. Five hybrids were found with resistant to all three pathogens. Whether for *P. capsici* as PepYMV and *M. incognita*, there were evidence that hybrids with two resistant parental lines showed slightly higher levels of pathogen resistance than those presented by hybrids with only one resistant parent.

Keywords: *Capsicum annuum*. Pepper yellow mosaic virus. *Phytophthora capsici*. *Meloidogyne incognita*.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	10
1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Origem e importância econômica do pimentão	13
2.2	Melhoramento do pimentão no Brasil	14
2.3	Heterose e híbridos de pimentão	16
2.4	Principais doenças do pimentão	18
2.5	<i>Phytophthora capsici</i> Leonian	19
2.6	<i>Pepper yellow mosaic virus</i> (PepYMV)	20
2.7	Nematoides (<i>Meloidogyne incognita</i>)	23
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	25
	REFERÊNCIAS	26
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO	34
	ARTIGO 1 Obtenção de híbridos de pimentão com resistência a múltiplos patógenos	34

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma hortaliça cultivada em todo o Brasil e encontra-se entre as dez olerícolas mais consumidas no país, com área cultivada anualmente em torno de 12.000 hectares (MOURA et al., 2012). A cultura existe em todos os Estados, concentrando-se nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. No ano de 2012, o Estado de São Paulo produziu 65.637,27 toneladas e a área cultivada foi de 2.276,78 hectares, alcançando uma produtividade média de 28,83 toneladas por hectare (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA, 2013).

Nos últimos anos, tem sido observado um aumento significativo na produção de pimentão, principalmente após a utilização de cultivares híbridas (NOGUEIRA, 2010). As cultivares mais comumente utilizadas no país atualmente são híbridos F₁. As principais razões para o uso crescente de híbridos F₁ devem-se: (a) à heterose, que costuma ser pronunciada em pimentão (GOMIDE; MALUF; GOMES, 2008; NASCIMENTO et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2010); (b) a maior resistência dos híbridos a doenças, em decorrência da natureza dominante dos genes que controlam essas resistências, algo que favorece a obtenção de resistências múltiplas, em virtude de se poder mais facilmente associar, num mesmo material híbrido, as resistências normalmente encontradas em genitores separados.

Apesar dos avanços na melhoria dos sistemas produtivos, as doenças têm sido os principais entraves a um aumento mais expressivo da produção. Entre as principais doenças da cultura, estão as causadas pelo fungo *Phytophthora capsici* Leonian, por *potyvirus* e pelo nematoide *Meloidogyne incognita*.

A *P.capsici* é o agente causal da doença conhecida como murcha, requeima ou podridão da raiz, uma das doenças fúngicas mais destrutivas dessa cultura em todo o mundo (CANDOLE; CONNER; JI, 2012; MCGREGOR et al., 2011). O patógeno pode infectar todos os órgãos da planta, causando podridão da raiz e do colo, lesões negras no caule, lesões circulares amarronzadas em folhas, podridão de frutos e morte da planta.

Os *potyvirus*, cuja espécie em prevalência no país é o PepYMV (*Pepper Yellow Mosaic Virus*), causam a doença conhecida como mosaico amarelo do pimentão, atualmente a principal doença virótica da cultura no Brasil (INOUE-NAGATA et al., 2002; LUCINDA et al., 2012).

Outro problema são os nematoides, especialmente os causadores de galhas nas raízes (*Meloidogyne* spp.), que estão infectando hortaliças na maioria das principais áreas produtoras do mundo (DJIAN-CAPORALINO et al., 2011). O *Meloidogyne incognita*, dentre as espécies de nematoides, é a que provoca danos em pimentão (GISBERT et al., 2013). O processo curativo inclui o uso de produtos químicos como os nematicidas que, além de elevarem os custos da produção, trazem outros inconvenientes, como a poluição ambiental.

A resistência genética a esses fitopatógenos é uma das maneiras mais eficientes de minorar os danos causados, além de não ser impactante ao meio ambiente. A existência de variabilidade genética no gênero *Capsicum* tem permitido encontrar e introduzir resistência a esses patógenos em cultivares, o que tem sido prioridade nos programas de melhoramento de pimentão (CANDOLE; CONNER; JI, 2010; FAZARI et al., 2012; NOGUEIRA et al., 2012). A resistência genética a esses fitopatógenos pode ser explorada nas combinações híbridas, pois, de forma geral, os estudos mostram a presença de alelos dominantes, com herança geralmente do tipo monogênica, no controle dessas resistências (ECHER; COSTA, 2002; MONROY-BARBOSA; BOSLAND, 2008; THIES; ARISS, 2009). Apesar disso, a maioria dos híbridos

plantados no país apresenta resistência a apenas um ou dois dos patógenos: embora já sejam relativamente comuns os híbridos resistentes a *potyvirus*, são menos frequentes aqueles com resistência tanto a *potyvirus* quanto a *P. capsici*, e são praticamente inexistentes os possuidores de resistência à *M. incognita*.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar híbridos experimentais de pimentão, e suas linhagens parentais, quanto às reações de resistência à *Phytophthora capsici*, PepYMV e *Meloidogyne incognita*, e identificar híbridos possivelmente resistentes a esses três patógenos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e importância econômica do pimentão

O pimentão e as pimentas pertencem à família *Solanaceae* e ao gênero *Capsicum*, que é originário das regiões tropicais e subtropicais da América. Após o processo de domesticação, foram levados para as demais regiões do mundo, principalmente a Europa. Em contraste com outras solanáceas, como o tomate e a batata, cultivados exclusivamente como plantas ornamentais logo após a sua respectiva introdução na Europa as pimentas foram aceitas de imediato e difundidas de maneira muito mais rápida, por serem mais pungentes do que a tão procurada pimenta-do-reino (*Piper nigrum*). A pungência deve-se a uma substância existente na placenta dos frutos - a capsaicina. A ausência de capsaicina diferencia os pimentões e pimentas doces das pimentas pungentes.

O gênero *Capsicum* consiste de pelo menos 32 espécies das quais, somente cinco são mais amplamente cultivadas: *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (PARSONS et al., 2012). *Capsicum annuum* é a espécie mais conhecida e difundida no mundo e a que apresenta a maior variabilidade, compreendendo os pimentões, as pimentas para páprica, as pimentas picantes, além de variedades ornamentais.

Dentre as hortaliças cultivadas no Brasil, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) encontra-se entre as dez olerícolas mais consumidas no país, com área cultivada anualmente em torno de 12.000 hectares (MOURA et al., 2012). Em grande parte é consumido verde, imaturo (90%). Em menor escala (10%), é consumido também no estágio de frutos maduros (vermelhos ou amarelos, dependendo da cultivar). A cultura existe em todos os Estados, concentrando-se nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. No ano de 2012, o Estado de São Paulo produziu 65.637,27 toneladas e a área cultivada foi de 2.276,78 hectares,

alcançando uma produtividade média de 28,83 toneladas por hectare (IEA, 2013).

Tem-se observado um aumento significativo na produção, principalmente após a utilização de híbridos e a intensificação do uso de estufas. O mercado de sementes de pimentão no Brasil é estimado em torno de R\$18 milhões/ano; dos quais, aproximadamente R\$3 milhões estão relacionados ao segmento de pimentão cultivado em estufa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS - ABCSEM, 2013).

2.2 Melhoramento do pimentão no Brasil

O pimentão começou a ser cultivado no Brasil em escala comercial provavelmente na década de 1920, pelo agricultor Carlos Junger, em Mogi das Cruzes, SP. As primeiras cultivares plantadas foram pimentões com frutos de formato cônico e eram supostamente de origem espanhola (SILVA, 2002). Esses tipos cônicos foram cultivados ali intensamente entre os anos de 1920 e 1950, de onde se espalharam para outras regiões de São Paulo e para a Baixada Fluminense.

Os produtores provavelmente fizeram seleções nessas populações iniciais, das quais se originaram as cultivares de polinização aberta como Moura, Avelar, Casca Dura, Ikeda, entre outras, que predominaram em plantios comerciais de pimentão no país. Produtores do Centro Sul que cultivavam pimentão, especialmente o Califórnia Wonder, de frutos quadrados, sofriam com uma virose denominada "mosaico do pimentão" (estirpes de *potyvirus*).

O primeiro programa de melhoramento de pimentão foi implantado no início da década de 1960, sob a coordenação do pesquisador Hiroshi Nagai, no IAC e visava a localizar fontes de resistência à *potyvirus* (PVY = *Potato vírus Y*), o agente causal da principal doença da época (ECHER; COSTA, 2002),

combinar resistência à *potyvirus*, em cultivar com características agronômicas desejáveis, e prevenir a "quebra" da resistência, através da caracterização de estirpes do patógeno e de genótipos que conferissem resistência. Foram identificadas várias fontes de resistência a estirpes de vírus em cultivares locais como Casca Dura, Ikeda, Avelar e Moura (todas de frutos cônicos). Essas cultivares substituíram em pouco tempo todas as de frutos quadrados.

Através de cruzamentos, seguidos de seleções para resistência a estirpes de PVY, H. Nagai lançou a série - Agrônômico, da qual a cultivar Agrônômico 10 G passou a ser, durante muitos anos (até meados da década de 1980), a principal cultivar no Sul do país. Nessa mesma década, foram registrados em plantações comerciais nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, surtos de uma nova estirpe de *potyvirus* infectando as cultivares de pimentão Agrônômico 10G, Magda, Margareth, Ikeda e Magnata (ECHER; COSTA, 2002). Essa nova estirpe capaz de vencer as fontes de resistência até então utilizadas, foi primeiramente denominada de PVY^M e foi considerada como uma nova espécie, conhecida como *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) (INOUE-NAGATA et al., 2002). Desde então, o mosaico amarelo passou a predominar nos principais polos de produção, ocasionando elevadas perdas econômicas em cultivares suscetíveis.

As primeiras cultivares híbridas utilizadas pelos produtores foram desenvolvidas em países de clima temperado, adaptando-se às condições brasileiras apenas para o cultivo em estufas, a única situação em que superavam as cultivares de polinização livre (LORENTZ et al., 2005). Somente nos anos 1990 é que surgiram os primeiros híbridos comerciais de pimentão, desenvolvidos em condições brasileiras, com a introdução e fixação de novos padrões heteróticos, principalmente de origem europeia, nos programas de melhoramento genético das empresas privadas, e posteriormente também resistentes a doenças, como as viroses causadas por *potyvirus*.

Atualmente, em sua maioria, os programas de melhoramento têm se dedicado à obtenção de híbridos que aliem, além de produtividade, qualidade de frutos e resistência múltipla às doenças.

2.3 Heterose e híbridos de pimentão

Heterose, também denominada vigor híbrido, é o termo usado para descrever a ocorrência de um aumento no valor de um caráter quantitativo em híbridos de animais ou de plantas. A heterose se manifesta quando o caráter avaliado no híbrido é maior (heterose positiva) ou menor (heterose negativa) do que a média dos genitores. Na prática, é mais comum o cálculo da heterose em relação ao genitor superior (heterobeltiose) ou a uma cultivar de importância econômica (heterose-padrão).

Em geral, o termo heterose tem sido utilizado para denotar o aumento no tamanho, vigor, crescimento e rendimento observados em certas combinações híbridas, em função da presença de alelos com efeitos não aditivos (dominância e/ou epistasia). Embora já muito explorada entre as espécies alógamas, a heterose tem se mostrado importante também entre as espécies autógamias (HOLLAND, 2001).

Em hortaliças, tem sido possível explorar a heterose em espécies alógamas (melão, abóbora, pepino, couve-flor, repolho e cebola), assim como em autógamias (tomate, pimentão e berinjela) (MALUF, 2001). Em *Capsicum annuum*, Ikuta e Vencovsky (1970) verificaram a presença de heterose positiva em pimentão, sendo, portanto, possível produzir híbridos mais produtivos do que cultivares de polinização aberta.

Alguns autores consideram que o trabalho pioneiro no Brasil que documenta o melhor desempenho dos híbridos frente às cultivares de polinização aberta no pimentão foi apresentado por Miranda (1987). Nesse

trabalho, ficou comprovada a existência de heterose passível de exploração econômica em combinações híbridas nas condições brasileiras. Mais tarde, outros autores utilizando padrões heteróticos distintos corroboraram esses resultados (BLAT; BRAZ; ARRUDA, 2007; NASCIMENTO, 2005; NASCIMENTO et al., 2010).

Nos anos 1990, começaram a ser produzidos em maior escala os primeiros híbridos comerciais de pimentão desenvolvidos em condições brasileiras. A utilização de híbridos de pimentão no país cresceu enormemente nos últimos 20 anos, devido à percepção de suas vantagens (heterose, maior resistência a doenças) por parte dos produtores.

Para obtenção de híbridos, torna-se necessária a obtenção prévia de linhagens homozigotas especificamente para esse fim, as quais são avaliadas quanto ao desempenho *per se* e testadas nas diferentes combinações híbridas para os caracteres desejáveis. Além disso, a utilização de híbridos permite associar resistências às doenças presentes nos diferentes genitores, principalmente aquelas controladas por alelos dominantes.

No caso do pimentão, os trabalhos têm demonstrado uma grande influência dos efeitos gênicos não aditivos no controle dos caracteres de interesse, principalmente naqueles relacionados à produção (NASCIMENTO, 2005; NASCIMENTO et al., 2010; SILVA, 2002). Diante desses resultados, fica impossível prever o comportamento de uma linhagem quando em combinação híbrida.

O uso da variabilidade genética existente tem permitido a seleção e obtenção de cultivares híbridas com melhor adaptação às condições de cultivo. Por essas e outras vantagens, o melhoramento de pimentão no Brasil tem sido conduzido pela maior necessidade de desenvolvimento de cultivares híbridas, sobretudo com resistências múltiplas a doenças e com características agrônomicas desejáveis. Assim, a exemplo do que ocorreu em outros países, o

uso de cultivares híbridas de pimentão passou a ser uma realidade entre os produtores brasileiros, tanto que passaram a dominar o segmento de mercado de sementes no país.

Para atenderem as exigências atuais de mercado “*in natura*” de pimentão no Brasil, as cultivares híbridas devem aliar maior produção (rendimento e qualidade), com maior comprimento e largura, polpa espessa, coloração verde intensa e progressiva (sem estrias), e resistência às principais doenças.

2.4 Principais doenças do pimentão

Embora, tenha havido um aumento na produção de pimentão, nos últimos anos, devido à melhoria nos sistemas produtivos, problemas fitossanitários têm sido as principais dificuldades ao seu aumento mais expressivo. Entre os problemas fitossanitários, observam-se infestações por vírus, bactérias, nematoides, fungos e pragas. Os problemas fitossanitários assumem diferentes graus de importância, dependendo do estágio fenológico em que a planta foi infectada, do genótipo utilizado, época de plantio e nível de infestação.

Entre os fitopatógenos de importância destacam-se o fungo *Phytophthora capsici* Leonian, causador da murcha, também conhecida como requeima ou podridão da raiz, o *potyvirus* PepYMV (*Pepper yellow mosaic virus*), causador da doença conhecida como mosaico amarelo do pimentão, e os nematoides causadores de galhas nas raízes (*Meloidogyne incognita*).

2.5 *Phytophthora capsici* Leonian

A murcha do pimentão, ou podridão da raiz causada por *Phytophthora capsici* Leonian, é uma ameaça para a produção dessa cultura no mundo; (CANDOLE; CONNER; JI, 2012; HAUSBECK; LAMOUR, 2004). O fungo pode também causar doença em espécies de outros quarenta gêneros de plantas (LUZ et al., 2003). O patógeno pode infectar todos os órgãos da planta, causando podridão da raiz e do colo, lesões negras no caule, lesões circulares amarronzadas em folhas e podridão de frutos. Frutos podem ser comumente encontrados cobertos com esporângios do patógeno. Em razão dos sintomas na parte aérea, a doença é também conhecida como requeima do pimentão (KUROZAWA; PAVAN, 1997).

A doença inicia-se no campo por meio da infecção das raízes pelo inóculo primário presente no solo, progredindo para a infecção do coleto, cujos sintomas se caracterizam pela podridão de raízes, murcha repentina, necrose de coloração marrom-escura na altura do colo e posterior morte das plantas (KUROZAWA; PAVAN, 1997). No campo, a doença é devastadora, mas pode provocar prejuízos também no armazenamento.

Práticas que reduzam o acúmulo de água no solo normalmente têm contribuído para o controle de *P. capsici*. No entanto, essa prática associada ao uso de fungicidas não tem sido suficiente para o controle do patógeno. Como a umidade do solo é muito difícil de ser controlada, principalmente em cultivos a céu aberto e, considerando os problemas associados ao uso dos fungicidas, normalmente sistêmicos, a utilização de genótipos com diferentes níveis de resistência tem sido uma importante alternativa para o controle de *P. capsici*.

A busca por fontes de resistência a *P. capsici* iniciou-se na década de 1960, com os trabalhos de Kimble e Grogan (1960). A partir daí, inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos na tentativa de encontrar fontes de resistência

duradoura (KUROZAWA; PAVAN, 1997; MATSUOKA, 1984). Apesar de avanços obtidos em relação ao controle genético desse patógeno, híbridos plantados no país ainda são em grande parte suscetíveis. Alguns dos primeiros híbridos lançados no mercado com um certo grau de resistência não apresentaram uma boa aceitação por parte dos produtores (ECHER, 2001).

Várias fontes de resistência genética para controle da doença têm sido testadas. O acesso mexicano de *Capsicum annuum*, Criollo de Morelos (CM) 334 tem apresentado o maior nível e a fonte de resistência mais promissora dentre os germoplasmas comumente utilizados como resistentes à *P. capsici* (CANDOLE; CONNER; JI, 2012; MONROY-BARBOSA; BOSLAND, 2008; THABUIS et al., 2003). Em relação aos estudos de herança, é comum encontrar na literatura discordância sobre o número e independência dos genes que controlam a resistência a *P. capsici*. Resistência do tipo completa, conferida por alelos de poucos genes, alguns de natureza dominante sob efeito de modificadores, tem sido relatada no acesso Criollo Morelos 334 (CANDOLE; CONNER; JI, 2012; SY; STEINER; BOSLAND, 2005; WANG; BOSLAND, 2006). Linhagens provenientes de cruzamentos com CM-334 constituem importantes fontes de resistência genética à *P. capsici* para serem exploradas em combinações híbridas.

2.6 *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV)

Os esforços no manejo de doenças viróticas têm sido direcionados para a eliminação de vetores e erradicação de plantas hospedeiras que constituem fontes de inóculo. Tais medidas muitas das vezes são provisórias, onerosas e pouco eficientes. No Brasil, os estudos de viroses em pimentão são quase todos relacionados ao gênero *Potyvirus*, o maior e mais importante gênero de fitovirus, que pode causar perdas econômicas significativas também em outras espécies da

família solanáceas, como o tomate (LUCINDA et al., 2012). Os sintomas ocasionados por *potyvirus* variam com a espécie de vírus, com a estirpe, com o genótipo do hospedeiro e com as condições ambientais, variando desde infecção latente seguida ou não por deformação foliar, até necrose pronunciada das folhas e do caule, que pode culminar com a morte da planta (MURPHY, 2002).

Na década de 1980, uma nova estirpe de vírus primeiramente denominada PVY^M (NAGAI, 1983) foi identificada em plantações comerciais de pimentão em São Paulo e Minas Gerais, infectando as cultivares então resistentes, Agrônomo 10G, Magda, Margareth e Ikeda (ECHER; COSTA, 2002). A partir de plantas infectadas da cultivar Magda, coletadas em lavouras dessa região, Inoue-Nagata et al. (2002) verificaram que se tratava de uma nova espécie de *Potyvirus*. A clonagem e análise da sequência da capa proteica do novo vírus revelaram uma proteína de 278 aminoácidos com identidade de 77,4% com a capa proteica do *Pepper severe mosaic virus*, a espécie mais próxima do gênero. Em função desses resultados, os autores propuseram um novo nome para o vírus, “*Pepper yellow mosaic virus*” (PepYMV).

A espécie PepYMV, causadora da principal doença virótica de pimentão no Brasil (ECHER; COSTA, 2002; LUCINDA et al., 2012), é de ocorrência natural nas regiões produtoras, provocando a doença, conhecida vulgarmente como mosaico amarelo do pimentão. No Espírito Santo, essa espécie também foi relatada, infectando plantas de tomates em plantios comerciais (MACIEL-ZAMBOLIM et al., 2004).

Os *potyvirus* podem ser transmitidos por meio da inoculação mecânica e por muitas espécies de insetos vetores, entre eles os afídeos. No caso de estirpes comuns de PVY e PepYMV, o pulgão *Myzus persicae* Sulz tem sido considerado um dos mais importantes (GIORIA et al., 2009; MORAIS, 2003).

A existência de variabilidade genética no gênero *Capsicum* tem permitido controlar com eficiência, via resistência genética, as doenças viróticas

causadas pelo complexo *potyvirus*. Fontes de resistência têm-se mostrado eficientes e duradouras em condições de inoculação artificial e em nível de campo (CARANTA et al., 1999; ECHER; COSTA, 2002; LUCINDA et al., 2012).

A resistência a *potyvirus* no pimentão pode ser controlada por um de pelo menos sete locos gênicos da série *pvr*, os quais os autores denominaram: *pvr1*; *pvr2*; *pvr3*; *Pvr4*; *pvr5*; *pvr6* e *Pvr7* (GRUBE; RADWANSKI; JAHN, 2000; MOURA et al., 2011; PARRELA et al., 2002). Em sua maioria, esses alelos conferem resistência a duas ou mais espécies de *potyvirus*. Nos testes experimentais com materiais resistentes, tem-se observado que o alelo de resistência atua bloqueando a multiplicação do vírus, levando ao aparecimento de necroses sistêmicas nas regiões onde se encontram as partículas virais (NAGAI, 1993). Os alelos dominantes *Pvr4* e *Pvr7* conferem resistência a todos os patótipos das espécies conhecidas e testadas (ARNEDO-ANDRÉS et al., 2002; CARANTA; THABUIS; PALLOIX, 1999). Os locos dos alelos *Pvr4* e *Pvr7* foram ambos mapeados no cromossomo 10 do pimentão. Entretanto, *Pvr4* é originado de *C. annuum*, acesso CM-334 (Criollo de Morelos-334) e *Pvr7* de *C. chinense*, acesso 'PI 159236' (GRUBE et al., 2000).

No Brasil, várias fontes de resistência de amplo espectro à estirpe comum de PVY e a PepYMV têm sido identificadas, entre elas as resistências encontradas no acesso CM-334, em algumas linhagens, híbridos comerciais e nas cultivares de polinização aberta Myr-29 e Myr-10. No entanto, não se sabe ao certo a natureza da resistência encontrada nesses materiais, ou seja, se é conferida por um único loco ou por mais de um loco da série *pvr* (ECHER; COSTA, 2002; LUCINDA et al., 2012; VALLE, 2001).

2.7 Nematoides (*Meloidogyne incognita*)

O pimentão é tido como a espécie que melhor se adaptou ao sistema produtivo sob cobertura plástica no Brasil, o que tem contribuído para regularizar a oferta do produto ao longo do ano (OLIVEIRA, 2007). Porém, como geralmente acontece em ambiente protegido, ou quando se faz rotação com outra cultura suscetível, o cultivo repetido na mesma área pode elevar o nível de população de nematoides, especialmente os do gênero *Meloidogyne*, causadores de galhas nas raízes e tornar o patógeno limitante à cultura. No gênero *Meloidogyne*, existem mais de 69 espécies, entre as quais se destacam as espécies *M. javanica* e *M. incognita*. Essa última é problema no Brasil e no mundo, provocando danos ao pimentão (GISBERT et al., 2013; LOPES; ÁVILA, 2003; PEIXOTO, 1995).

A doença causada pelo nematoide se manifesta, normalmente, em reboleras. As plantas afetadas apresentam sintomas que sugerem a deficiência de água e de nutrientes, ou seja, desenvolvimento abaixo do normal, amarelecimento das folhas e murcha. Esses sintomas se devem à formação de galhas (engrossamentos) e apodrecimento das raízes (LOPES; ÁVILA, 2003).

O processo curativo inclui o uso de produtos químicos como os nematicidas que, além de elevarem os custos da produção, trazem outros inconvenientes, como a poluição ambiental. Medidas de caráter preventivo têm sido adotadas, como a rotação de cultura com plantas tóxicas aos nematoides, pousio, aração profunda, solarização e até mesmo inundação da área. O uso de material resistente seria, contudo, o método mais eficaz e menos oneroso.

Os primeiros trabalhos que tratam da resistência ao *Meloidogyne* em *Capsicum annuum* L. datam da década de 1950. Hare (1957) descreveu o primeiro gene de resistência ao nematoide, denominado *N*. Atualmente, esse gene está presente nas cultivares americanas ‘*Charleston Belle*’ e ‘*Carolina*

Wonder' (FERY; DUKES; THIES, 1998). O alelo *N* confere alta resistência à *M. javanica*, *M. incognita* e *M. arenaria* raças 1 e 2 (THIES; FERY, 2000).

Os acessos de *Capsicum annuum* PM217 (PI 201234), PM687 (PI 322719) e PM702 (CM334 – Criollo de Morellos 334) que correspondem aos códigos de acesso do INRA (França), todos de frutos pungentes, constituem importantes fontes de resistência a espécies de *Meloidogyne* (FAZARI et al., 2012). Estudos revelaram a existência de três genes dominantes em PM217 (*Me1*, *Me2* e *Mech1*), dois em PM687 (*Me3* e *Me4*) e em PM702 (*Me7* e *Mech2*). A cultivar '*Yolo Wonder*' constitui outra fonte de resistência e possui os genes *Me5* e *Me6*, esse último identificado em populações francesas. O gene *Me1* confere resistência à *M. javanica*, *M. incognita* e *M. arenaria* e o *Me2* a *M. javanica* e *M. 'Seville'* (SOUZA SOBRINHO et al., 2002; WANG; BOSLAND, 2006). O gene *Me3* confere resistência à *M. javanica*, *M. incognita* e *M. arenaria*, e o *Me4* à *M. arenaria* (DJIAN-CAPORALINO et al., 2007; SOUZA SOBRINHO et al., 2002; WANG; BOSLAND, 2006). O *Me5* confere resistência à *M. javanica* (; SOUZA SOBRINHO et al., 2002; WANG; BOSLAND, 2006). *Me6* confere resistência à *M. arenaria* e *M. javanica* (WANG; BOSLAND, 2006). *Me7* confere resistência à *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. javanica* (DJIAN-CAPORALINO et al., 2007; PEGARD et al., 2005; WANG; BOSLAND, 2006). Os genes *Mech1* e *Mech2* conferem resistência à *M. chitwoodi* (DJIAN-CAPORALINO et al., 2007). Não se sabe se o gene *N* e alguns dos genes da série *Me* são alélicos ou não, porém Thies e Ariss (2009) demonstraram que os genes *Me3* e *N* são distintos e independentes.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Apesar de nos últimos anos ter havido um aumento na produção de pimentão devido a avanços na melhoria dos sistemas produtivos da cultura, problemas fitossanitários têm sido os principais entraves a um aumento mais expressivo. Entre os problemas fitossanitários, observam-se infestações por fungos, vírus e nematoides, os quais são de difícil controle em função da alta incidência e severidade em áreas tropicais e subtropicais do mundo. O controle desses fitopatógenos está associado a um conjunto de medidas preventivas que, na maioria das vezes, não são eficientes. Uma das maneiras mais eficientes para minorar os danos causados é o uso de cultivares resistentes. A existência de variabilidade genética no gênero *Capsicum* tem permitido encontrar e introduzir resistência a esses patógenos em cultivares e isso tem sido prioridade nos programas de melhoramento de pimentão. A resistência genética a esses fitopatógenos pode ser explorada nas combinações híbridas, pois de forma geral, os estudos mostram a presença de alelos dominantes, com herança do tipo monogênica, no controle dessas resistências. O desenvolvimento de híbridos com resistência aos três patógenos considerados representará uma evolução no cultivo de pimentão, pois são pouco frequentes aqueles com resistência tanto a *potyvirus* quanto a *P. capsici* e praticamente inexitem, atualmente, no mercado brasileiro, cultivares resistentes à *M. incognita*.

REFERÊNCIAS

ARNEDO-ANDRÉS, M. S. Development of RAPD and SCAR markers linked to the pvr4 loco for resistance to PVY in pepper (*Capsicum annuum* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 105, p. 1067-1074, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. **Pesquisas de mercado de sementes de hortaliças – Ano calendário 2009**. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/docs/pesquisa_mercado_2009.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2013.

BLAT, S. F.; BRAZ, L. T.; ARRUDA, A. S. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 350-354, 2007.

CANDOLE, B. L.; CONNER, P. J.; JI, P. Evaluation of phytophthora root rot-resistant *Capsicum annuum* accessions for resistance to phytophthora foliar blight and phytophthora stem blight. **Agricultural Sciences**, Toronto, v. 3, p. 732-737, 2012.

CANDOLE, B. L.; CONNER, P. J.; JI, P. Screening *Capsicum annuum* Accessions for resistance to six isolates of *Phytophthora capsici*. **HortScience**, Alexandria, v. 45, p. 254-259, 2010.

CARANTA, C.; THABUIS, A.; PALLOIX, A. Development of a CAPS marker for the Pvr4 locus: a tool for pyramiding potyvirus resistance genes in pepper. **Genome**, Ottawa, v. 42, p. 1111-1116, 1999.

DJIAN-CAPORALINO, C. et al. Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) Me resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. **Theoretical and applied genetics**, Berlin, v. 114, p. 473-486, 2007.

DJIAN-CAPORALINO, C. et al. The reproductive potential of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* is affected by selection for virulence against major resistance genes from tomato and pepper. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 131, p. 431-440, 2011.

ECHER, M. D. M.; COSTA, C. P. Reaction of sweet pepper to the potato virus Y (PVY m) 1. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 309-314, 2002.

ECHER, M. D. M. **Reação de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a *Phytophthora capsici* e Potato virus Y (PVY^m)**. 2001. 62 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 2001.

FAZARI, A. et al. The root-knot nematode resistance N -gene co-localizes in the Me -genes cluster on the pepper (*Capsicum annuum* L.) P9 chromosome. **Plant Breeding**, Berlin, v. 131, p. 665-673, 2012.

FERY, R. L.; DUKES, P. D.; THIES, J. A. Carolina Wonder and Charleston Belle: southern root-knot nematode resistant bell peppers. **HortScience**, Alexandria, v. 33, n. 5, p. 900-902, 1998.

GIORIA, R. et al. Breakdown of resistance in sweet pepper against Pepper yellow mosaic virus in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, p. 267-269, 2009.

GISBERT, C. et al. Resistance of pepper germplasm to *Meloidogyne incognita*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 162, p. 110-118, 2013.

GOMIDE, M. L.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A. Capacidade de combinação de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 740-748, 2008.

GRUBE, R. C. et al. Identification and Comparative mapping of dominant potyvirus resistance gene cluster in *capsicum*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 101, p. 852-859, 2000.

GRUBE, R. C.; RADWANSKI, E. R.; JAHN, M. Comparative genetics of disease resistance within the Solanaceae. **Genetics**, New York, v. 155, p. 873-887, 2000.

HARE, W. W. Inheritance of resistance to root-knot nematodes in pepper. **Phytopathology**, Orlando, v. 47, p. 455-459, 1957.

HAUSBECK, M. K.; LAMOUR, K. H. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: Research progress and management challenges. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, p. 1292-1303, 2004.

HOLLAND, J. B. Epistasis and plant breeding. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 21, p. 27-92, 2001.

IKUTA, H.; VENCOVSKY, R. Ensaio de híbridos F₁ de variedades de pimentão resistentes a virose. **Relatório Científico**, Piracicaba, p. 62-65, 1970.

INOUE-NAGATA, A. K. et al. Pepper yellow mosaic virus, a new potyvirus in sweet-pepper, *Capsicum annuum*. **Archives of Virology**, New York, v. 147, p. 849-855, 2002.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Estatísticas de produção da agropecuária paulista**. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: 30 jan. 2013.

KIMBLE, K. A.; GROGAN, R. G. Resistance to Phytophthora root rot in pepper. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 44, p. 872-873, 1960.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças das solanáceas (beringela, jiló, pimentão e pimenta). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, p. 665-675.

LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. **Doenças do pimentão: diagnose e controle**. Brasília: Embrapa - Hortaliças, 2003. 96 p.

LORENTZ, L. H. et al. Variabilidade de produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 316-326, 2005.

LUCINDA, N. et al. Complete genome sequence of pepper yellow mosaic virus, a potyvirus, occurring in Brazil. **Archives of Virology**, New York, v. 157, p. 1397-401, July 2012.

LUZ, E. D. M. N. et al. Diversidade genética de isolados de *Phytophthora capsici* de diferentes hospedeiros com base em marcadores RAPD, patogenicidade e morfologia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 559-564, 2003.

MACIEL-ZAMBOLIM, E. et al. Surto epidemiológico do vírus do mosaico amarelo do pimentão em tomateiro na região serrana do Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 325-327, 2004.

MALUF, W. R. Heterose e emprego de híbridos F1 em hortaliças. In: NASS, L. L. et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 327-355.

MATSUOKA, K. Melhoramento do pimentão e pimenta visando a resistência a doenças fúngicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 49-52, 1984.

MCGREGOR, C. et al. Genotypic and phenotypic variation among pepper accessions resistant to *Phytophthora capsici*. **HortScience**, Alexandria, v. 46, p. 1235-1240, 2011.

MIRANDA, J. E. C. **Análise genética de um cruzamento dialélico em pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 1987. 159 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1987.

MONROY-BARBOSA, A.; BOSLAND, P. W. Genetic analysis of *Phytophthora* Root Rot Race-specific resistance in Chile Pepper. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Stanford, v. 133, n. 6, p. 825-829, 2008.

MORAIS, F. H. R. **Caracterização de isolados do vírus Y (“*Potato Virus Y*” - PVY) provenientes de batata no Brasil**. 2003. 124 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MOURA, M. F. et al. A classification of Pepper yellow mosaic virus isolates into pathotypes. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 131, p. 549-552, 2011.

MOURA, M. F. et al. Análise comparativa da região codificadora para a proteína capsial de isolados de PepYMV e PVY coletados em pimentão . **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 38, p. 93-96, 2012.

MURPHY, J. F. The relationship between Pepper mottle virus source leaf and spread of infection through the stem of *Capsicum* sp. **Archives of Virology**, New York, v. 147, p. 1789-1797, 2002.

NAGAI, H. Melhoramento de pimentão (*Capsicum annuum* L.) visando resistência ao vírus Y. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 1, p. 3-9, 1983.

NAGAI, H. Pimentão, pimenta-doce e pimentas. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: IAC, 1993. v. 1, p. 276-294.

NASCIMENTO, I. R. et al. Capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir de análise dialélica multivariada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, p. 235-240, abr. 2010.

NASCIMENTO, I. R. et al. Capacidade combinatória e ação gênica na expressão de caracteres de importância econômica em pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, p. 251-260, 2004.

NASCIMENTO, I. R. **Heterose e capacidade combinatória de linhagens de pimentão resistentes ao mosaico amarelo causado por PepYMV (*pepper yellow mosaic virus*)**. 2005. 101 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

NOGUEIRA, D. W. et al. Seleção assistida com uso de marcador molecular para resistência a potyvírus em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 955-963, 2012.

NOGUEIRA, D. W. **Seleção assistida por marcadores moleculares e capacidade combinatória de linhagens de pimentão com resistência múltipla a doenças**. 2010. 81p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

OLIVEIRA, C. D. **Enxertia de plantas de pimentão em *capsicum spp.* no manejo de nematoides de galha**. 2007. 134 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2007.

PARRELA, G. et al. Recessive resistance genes against potyviruses are localized in collinear genomic regions of the tomato (*Lycopersicon spp.*) and pepper (*Capsicum spp.*) genomes. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 105, p. 855-861, 2002.

PARSONS, E. P. et al. Fruit cuticle lipid composition and water loss in a diverse collection of pepper (*Capsicum*). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 146, n. 1, p. 15-25, 2012.

PEGARD, A. et al. Histological characterization of resistance to different root-knot nematode species related to phenolics accumulation in *Capsicum annuum*. **Phytopathology**, Orlando, v. 95, p. 158-165, 2005.

PEIXOTO, J. R. **Melhoramento do pimentão (*Capsicum annuum* L.) visando resistência aos nematoides do gênero *Meloidogyne* spp.** 1995. 103 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

SILVA, L. L. **Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos parciais em pimentão.** 2002. 82 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

SOUZA SOBRINHO, F. et al. Inheritance of resistance to *Meloidogyne incognita* race 2 in the hot pepper cultivar Carolina Cayenne (*Capsicum annuum* L.). **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 1, p. 271-279, 2002.

SY, O.; STEINER, R.; BOSLAND, P. W. Inheritance of Phytophthora stem blight resistance as compared to Phytophthora root rot and Phytophthora foliar blight resistance in *Capsicum annuum* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Stanford, v. 130, p. 75-78, 2005.

THABUIS, A. et al. Comparative mapping of *Phytophthora* resistance loci in pepper germplasm: evidence for conserve resistance loci across Solanaceae and for a large genetic diversity. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 106, p. 1473-1485, 2003.

THIES, J. A.; ARISS, J. J. Comparison between the *N* and *Me3* genes conferring resistance to the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in genetically different pepper lines (*Capsicum annuum*). **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 125, p. 545-550, 2009.

THIES, J. A.; FERY, R. L. Characterization of resistance conferred by the *N* gene to *Meloidogyne arenaria* races 1 and 2, *M. hapla*, and *M. javanica* in two sets of isogenic lines of *Capsicum annuum* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Stanford, v. 125, p. 71-75, 2000.

VALLE, L. A. C. **Análise genética e identificação de regiões genômicas que conferem resistência a *Phytophthora capsici* em Criollo de Morellos 334 (*Capsicum annuum*)**. 2001. 85 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

WANG, D.; BOSLAND, P. W. The genes of Capsicum. **HortScience**, Alexandria, v. 41, p. 1169-1187, 2006.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO 1

**OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE PIMENTÃO COM RESISTÊNCIA A
MÚLTIPLOS PATÓGENOS**

**Artigo redigido conforme norma da Revista Pesquisa Agropecuária
Brasileira – PAB (Versão preliminar)**

Obtenção de híbridos de pimentão com resistência a múltiplos patógenos

Regis de Castro Carvalho ⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal de Lavras / UFLA, Departamento de Biologia, Caixa Postal 3.037, CEP 37.200-000. Lavras, MG.

E-mail: regisccarvalho@hotmail.com

⁽²⁾UFLA, Departamento de Agricultura. E-mail: wrmaluf@dag.ufla.br

Resumo - O objetivo deste trabalho foi caracterizar híbridos experimentais de pimentão, e suas linhagens parentais, quanto às reações de resistência à *Phytophthora capsici*, *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) e *Meloidogyne incognita*, e identificar híbridos possivelmente resistentes a esses três patógenos. Os trabalhos foram realizados em casa de vegetação na área experimental da empresa HortiAgro Sementes S.A. Foram utilizadas dez linhagens, trinta híbridos experimentais, e sete testemunhas comerciais (Konan-R, Magali-R, Martha-R, Stephany, Mallorca, Magnata Super e Criollo de Morelos-334). Para cada um dos experimentos, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Na avaliação das reações à *P. capsici* e ao PepYMV, foram consideradas as porcentagens de plantas sem os respectivos sintomas. Na avaliação das reações a *M. incognita*, foram calculados o índice de reprodução e o fator de reprodução do nematoide. Foram identificados cinco híbridos com resistência aos três patógenos. Tanto para *P. capsici*, quanto para PepYMV e *M. incognita*, foram encontradas evidências de que híbridos com duas linhagens parentais resistentes apresentam níveis de resistência ligeiramente superiores àqueles com apenas uma linhagem parental resistente.

Termos para indexação: *Capsicum annum*; *Pepper yellow mosaic virus*; *Phytophthora capsici*; *Meloidogyne incognita*.

Attainment sweet pepper hybrids with resistance to multiple pathogens

Regis de Castro Carvalho ⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf ⁽²⁾

⁽¹⁾ Federal University of Lavras / UFLA, Department of Biology, PO Box 3.037, CEP 37200-000. Lavras, MG. E-mail: regiscarvalho@hotmail.com

⁽²⁾ UFLA, Department of Agriculture. E-mail: wrmaluf@dag.ufla.br

Abstract - The objective of this work was to characterize resistance for major pathogens (*Phytophthora capsici*, *Pepper yellow mosaic virus* – PepYMV and *Meloidogyne incognita*) in a group of experimental hybrids and their respective parental lines, and to identify hybrids possibly resistant to all three pathogens. The trials were carried out in a greenhouse in the HortiAgro Sementes S.A experiment station. Ten parental breeding lines, thirty experimental hybrids and seven commercial control (Konan-R, Magali-R, Martha-R, Stephany, Mallorca, Magnata Super and Criollo de Morelos-334) were used. For each experiment was set up in accordance to a randomized complete block design with three replications. Upon evaluating reactions to *P. capsici* and PepYMV were considered the percentage of plants without their symptoms. In evaluating the reactions *M. incognita*, were calculated both the nematode reproduction indices and the reproduction factor. Five hybrids were found with resistant to all three pathogens. Whether for *P. capsici* as PepYMV and *M. incognita*, there were evidence that hybrids with two resistant parental lines showed slightly higher levels of pathogen resistance than those presented by hybrids with only one resistant parent.

Index terms: *Capsicum annum*. *Pepper yellow mosaic virus*. *Phytophthora capsici*. *Meloidogyne incognita*.

Introdução

Nos últimos anos, tem sido observado um aumento significativo na produção de pimentão, principalmente após a utilização de cultivares híbridas (NOGUEIRA, 2010). As cultivares mais comumente utilizadas no país atualmente são híbridos F₁. As principais razões para o uso crescente de híbridos F₁ devem-se: (a) à heterose, que costuma ser pronunciada em pimentão (GOMIDE et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2010); (b) a maior resistência dos híbridos a doenças, em decorrência da natureza dominante dos genes que controlam essas resistências, o que favorece a obtenção de resistências múltiplas, em virtude de se poder mais facilmente associar, num mesmo material híbrido, as resistências normalmente encontradas em genitores separados.

Um dos principais problemas do cultivo do pimentão no Brasil é a ocorrência de doenças. Entre os patógenos, destacam-se o fungo *Phytophthora capsici* Leonian, os *potyvirus* e o nematoide *Meloidogyne incognita*. A *P.capsici* é o agente causal da doença conhecida como murcha, requeima ou podridão da raiz, uma das doenças fúngicas mais destrutivas dessa cultura em todo o mundo (MCGREGOR et al., 2011). Os *potyvirus*, cuja espécie em prevalência no país é o PepYMV (*Pepper yellow mosaic virus*), causam a doença conhecida como mosaico amarelo do pimentão, atualmente a principal doença virótica da cultura no Brasil (LUCINDA et al., 2012). O *Meloidogyne incognita*, dentre as espécies de nematoides, é a que pode provocar maiores danos em pimentão (GISBERT et al., 2013), pois ocorre com maior frequência nos campos de cultivo.

A resistência genética a esses fitopatógenos é uma das maneiras mais eficientes de minorar os danos causados, além de não ser impactante ao meio ambiente. A existência de variabilidade genética no gênero *Capsicum* tem

permitido encontrar e introduzir resistência a esses patógenos em cultivares, o que tem sido prioridade nos programas de melhoramento de pimentão (CANDOLE et al., 2010; FAZARI et al., 2012; NOGUEIRA et al., 2012). A resistência genética a esses fitopatógenos pode ser explorada nas combinações híbridas, pois, de forma geral, os estudos mostram a presença de alelos dominantes, com herança geralmente do tipo monogênica, no controle dessas resistências (ECHER & COSTA, 2002; MONROY-BARBOSA & BOSLAND, 2008; THIES & ARISS, 2009). Apesar disso, a maioria dos híbridos plantados no país apresenta resistência a apenas um ou dois dos patógenos: embora já sejam relativamente comuns os híbridos resistentes a *potyvirus*, são menos frequentes aqueles com resistência tanto a *potyvirus* quanto à *P. capsici*, e são praticamente inexistentes os possuidores de resistência à *M. incognita*.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar híbridos experimentais de pimentão, e suas linhagens parentais, quanto às reações de resistência à *Phytophthora capsici*, PepYMV e *Meloidogyne incognita*, e identificar híbridos possivelmente resistentes a esses três patógenos.

Material e Métodos

Local dos experimentos

Os trabalhos foram conduzidos na área experimental da empresa HortiAgro Sementes S.A., situada no município de Ijaci-MG (21°09'50" de latitude Sul, 44°55'00" de longitude oeste, e altitude de 842 metros).

Genótipos de pimentão testados

O material genético constituiu-se de 47 genótipos de pimentão: dez linhagens (utilizadas como genitoras na obtenção de híbridos experimentais), trinta híbridos experimentais, e sete testemunhas comerciais (Konan-R, Magali-R, Martha-R, Stephany, Mallorca, Magnata Super e Criollo de Morelos-334).

Em todos os experimentos, Magnata Super e Criollo de Morelos-334 foram utilizados, respectivamente, como testemunhas suscetível e resistente, aos patógenos a serem testados - *Phytophthora capsici*, PepYMV e *Meloidogyne incognita*. As linhagens parentais e suas características presumidas estão descritas na Tabela 1. As linhagens PIX-044B-01-01, PIX-044B-13-01, PIX-045B-27-02, PIX-045B-32-03, PIX-052B-06-01 originaram-se de programas de melhoramento conduzido na empresa HortiAgro Sementes, e são, dada a sua genealogia e processos seletivos empregados, presumivelmente resistentes à PepYMV e a *P. capsici*, e suscetíveis ao *M. incognita*. PIM-013 é uma linhagem-elite da HortiAgro com resistência à *P. capsici*, e suscetibilidade tanto a PepYMV quanto à *M. incognita*. Myr-29-09-05 e Myr-29-11-08 foram linhagens da HortiAgro selecionadas para maior uniformidade de formatos de fruto, a partir da população de polinização aberta Myr-29, considerada resistente ao PepYMV. Myr-29-09-05 e Myr-29-11-08 são sabidamente resistentes ao PepYMV, mas são *a priori* presumivelmente suscetíveis tanto a *P. capsici* quanto a *M. incognita*, embora isso ainda necessite de confirmação. Carolina Wonder e Charleston Belle são linhagens obtidas pelo U.S. *Vegetable Laboratory*, USDA/ARS, Charleston-SC, USA; são homozigotas para o gene N, que confere resistência ao nematoide *M. incognita* (Fery et al., 1998); suas reações à PepYMV e à *P. capsici* são presumivelmente de suscetibilidade, embora não tenham sido descritas pelos autores, e necessitem de confirmação.

Experimentos e delineamentos experimentais

As reações dos genótipos de pimentão à *Phytophthora capsici*, PepYMV e *Meloidogyne incognita* foram avaliadas em experimentos isolados, realizados independentemente.

Em cada um dos três experimentos, os tratamentos foram semeados em bandejas de isopor de 128 células (16 x 8) contendo substrato comercial. Em cada célula, foram semeadas duas sementes, e após a germinação procedeu-se ao

desbaste, deixando apenas uma plântula por célula. Foram utilizados delineamentos em blocos casualizados, com três repetições. Antes e após as inoculações, as bandejas foram mantidas em casa de vegetação com cobertura plástica e laterais teladas.

Avaliação da reação de resistência a P. capsici

Na avaliação das reações à *Phytophthora capsici*, os isolados desse patógeno Pc11 e Pc31, cedidos pela empresa Sakata Sudamerica/Agroflora, Bragança Paulista – SP, (originalmente coletados na região de Bernardino de Campos/SP e Santa Cruz do Rio Pardo/SP respectivamente) foram mantidos em tubos de ensaio contendo meio BDA (Batata-Dextrose-Agar) e armazenados em câmara BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Os isolados foram primeiramente repicados para placas de Petri contendo meio BDA, onde permaneceram por 4 a 5 dias em BOD à temperatura de 27°C. Para produção de esporângios, esses isolados foram repicados para placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo meio suco de tomate-ágar (200ml de suco de tomate Superbom, 3g de carbonato de cálcio, 17g de ágar e 800ml de água destilada), a 28°C, sob luz contínua, por sete dias. A seguir, adicionaram-se 10 – 15ml de água destilada por placa e efetuou-se uma leve raspagem com alça de *Drigalsky* para destacar os esporângios. Para a liberação de zoósporos, a suspensão de esporângios foi deixada por uma hora à temperatura ambiente. A seguir, a suspensão foi filtrada em camada dupla de gaze e retirou-se uma alíquota do filtrado para a contagem do número de zoósporos em câmara de *Neubauer*. Para isso, a suspensão foi agitada em *Vortex* por um minuto, para estimular o encistamento dos zoósporos. Depois de realizada a contagem e estabelecido a diluição na concentração desejada (10^4 zoósporos/ml), a suspensão de zoósporos foi utilizada imediatamente.

As inoculações foram feitas em mudas mantidas em bandejas de isopor, obtidas conforme descrito anteriormente. Foi utilizada a concentração de inóculo de 10^4 zoósporos/ml, aplicando-se 5ml da suspensão em cada célula da bandeja, próximo ao coleto das plantas aos 40 dias após a germinação. Após a inoculação, foram feitas avaliações a partir do terceiro dia após a inoculação, estendendo-se até o 15º dia. Para cada planta, foram atribuídas notas, variando de 1 a 3, sendo: 1- Sadia; 2- Necrose e murcha; 3- Desfolhada e seca. Foram consideradas sem sintomas as plantas que na avaliação do 15º dia tiveram nota igual a 1.

Avaliação da reação de resistência ao PepYMV

No experimento de avaliação das reações ao PepYMV, foi utilizado um isolado de *potyvirus*, caracterizado sorologicamente como PepYMV, cedido pela empresa Sakata Sudamerica, e obtido na região de Lins – SP, oriundo de plantas de pimentão com sintoma sistêmico e naturalmente infectadas. Para a manutenção do isolado, plantas de fumo *Turkish* “TNN” e de pimentão da cultivar Ikeda (suscetível ao PepYMV), previamente infectadas com PepYMV, foram armazenadas em dessecadores com sílica-gel e também em nitrogênio líquido, em ultrafreezer, a -80°C . Para a produção de inóculo, a multiplicação foi feita em plantas de fumo cv. TNN, mantidas em estufas teladas e substituídas em intervalos não superiores a dois meses.

Para inoculação em pimentão, folhas de fumo infectadas com PepYMV, utilizadas como fonte de inóculo, foram maceradas em tampão fosfato 0,01 M, pH 7,0. Em seguida, as plantas de pimentão a serem testadas foram aspergidas com carborundum (400 mesh) e, posteriormente, a solução de extrato vegetal foi aplicada por fricção do polegar sobre as folhas. Após a inoculação, as plantas foram irrigadas e mantidas em estufas com cobertura plástica e laterais teladas. Foram realizadas duas inoculações para evitar possíveis escapes: a primeira,

quando as plantas atingiram o estágio de primeira folha definitiva plenamente expandida e a segunda, sete dias após a primeira.

As avaliações foram feitas semanalmente, do 15º ao 40º dia após a primeira inoculação, totalizando cinco avaliações, sendo tomadas como avaliações definitivas aquelas realizadas no 40º dia. Para cada planta, foram atribuídas notas, variando de 1 a 5, sendo: 1- Sem sintomas; 2- Clareamento internerval; 3- Mosaico leve; 4- Mosaico bem desenvolvido, sem deformação foliar; 5- Mosaico amarelo, bolhoso, com deformação foliar. Foram consideradas sem sintomas as plantas que na avaliação do 40º dia tiveram nota igual a 1.

Avaliação da reação de resistência a M. incognita

Na avaliação das reações à *M. incognita*, foram avaliados o índice de reprodução e o fator de reprodutividade do nematoide. Foi utilizado como fonte de inóculo, isolado conhecido de *Meloidogyne incognita*, previamente multiplicadas e mantidas em plantas de tomateiro *Solanum lycopersicum* (= *Lycopersicon esculentum*), cultivar Santa Clara. A extração dos ovos dos nematoides foi feita segundo o método de HUSSEY & BARKER (1973), modificada por BONETTI & FERRAZ (1981). As raízes contendo galhas de tomateiro foram cortadas em pedaços de aproximadamente 0,5 cm de comprimento e trituradas em liquidificador durante 40 segundos, com solução de hipoclorito de sódio a 0,5%. Em seguida, a solução contendo os ovos foi vertida em peneira de malha com abertura de 0,074 mm, sobre peneira de malha com 0,028 mm; os ovos foram submetidos à completa lavagem sob água corrente.

Os ovos dos nematoides, retidos na peneira de malha menor, foram coletados e quantificados em estereomicroscópio. As plantas foram inoculadas com 15 dias após a germinação, utilizando-se uma seringa automática de uso veterinário. Para a inoculação das mudas nas bandejas foi utilizada uma

alíquota de solução contendo 2000 ovos (população inicial) de nematoides por planta. A viabilidade do inóculo foi quantificada por meio de câmaras de eclosão. Como o inóculo utilizado apresentou viabilidade de 60,4%, a quantidade de ovos viáveis inoculados em cada planta foi, portanto de 1.208 ovos. Foram efetuadas irrigações diárias das mudas até a ocasião das avaliações, iniciadas aos 75 dias de idade das plantas (60 dias após a inoculação), quando o sistema radicular de cada planta foi cortado com tesoura, triturado em liquidificador seguindo a técnica de HUSSEY & BARKER (1973), modificada por BONETTI & FERRAZ (1981), seguindo-se a contagem de ovos da população final, utilizando-se câmara de *Peters* e microscópio estereoscópico. Foi calculado o número de ovos/grama de raiz dividindo-se o número de ovos pelo peso fresco de raiz. Utilizou-se a cultivar de tomateiro TOM-584 como testemunha-padrão suscetível, para comparação com a reprodução de nematoides nas plântulas de pimentão. O valor do índice de reprodução foi assim calculado: (número de ovos por grama de raiz de cada repetição (parcela)/número médio de ovos por grama de raiz das plantas de TOM-584) x 100. O valor do fator de reprodutividade foi assim calculado: população final/população inicial de ovos viáveis.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* e *Dunnett*, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Reações das linhagens parentais a P. capsici, PepYMV e M.incognita

Com exceção das linhagens PIX-044B-01-01 (para *PepYMV*), Carolina Wonder e Charleston Belle (para *P. capsici*), e Myr-29-09-05 (para *M.*

incognita), todas as demais apresentaram as reações esperadas ou presumidas com relação à *P. capsici*, PepYMV e *M.incognita* (Tabelas 2 e 3).

PIX-044B-01-01, PIX-044B-13-01, PIX-045B-27-02, PIX-045B-32-03, PIX-052B-06-01 e PIM-013 não diferiram, quanto à reação à *P. capsici*, da testemunha resistente Criollo de Morelos-334, mas o fizeram significativamente com relação à testemunha suscetível Magnata Super (Tabela 2), sendo assim consideradas resistentes ao patógeno, e apresentando percentagens de plantas sem sintomas próximas ou iguais a 100%. Carolina Wonder e Charleston Belle mostraram-se com resistência intermediária à *P. capsici* (27,1 e 35,4% de plantas sem sintomas), diferindo, pelo teste de *Dunnnett*, tanto da testemunha resistente quanto da testemunha suscetível. A resistência moderada de Carolina Wonder e Charleston Belle a *P. capsici* não era esperada a partir da descrição feita pelos autores (FERY et al., 1998), e pode presumivelmente ser explicada pela presença de um ou mais genes que confirmam essa resistência. As demais linhagens comportaram-se como suscetíveis à *P. capsici*, não diferindo de Magnata Super (Tabela 2), e com percentagens de plantas sem sintomas próximas de zero.

Inoculações com PepYMV revelaram que as linhagens PIX-044B-13-01, PIX-045B-27-02, PIX-045B-32-03, PIX-052B-06-01, Myr-29-09-05 e Myr-29-11-8 podem ser consideradas resistentes ao patógeno, uma vez que apresentaram percentagens de plantas sem sintomas de mosaico próximas ou iguais a 100%, não diferindo da testemunha resistente Criollo de Morelos-334 (Tabela 2). As linhagens presumivelmente suscetíveis ao PepYMV (Carolina Wonder, Charleston Belle, PIM-013) não apresentaram plantas sem sintomas, e não diferiram da testemunha suscetível Magnata Super, tendo portanto confirmada sua suscetibilidade. Apenas a linhagem PIX-044B-01-01 apresentou valores intermediários (78,3% de plantas resistentes), diferindo tanto da testemunha resistente quanto da testemunha suscetível (Tabela 2), ao contrário da reação

inicialmente presumida de resistência. Uma vez que o caráter tem herança monogênica (ECHER & COSTA, 2002), e que PIX-044B-01-01 corresponde a uma família F₄, uma possível explicação para este resultado seria o fato de que a linhagem constitui-se numa família segregante para resistência ao vírus.

Inoculações com *M. incognita* revelaram que três das linhagens parentais testadas (Carolina Wonder, Charleston Belle e Myr-29-09-05) possuem altos níveis de resistência ao nematoide, com índices de reprodução (IR%) e fatores de reprodução (FR) próximos de zero, que não diferiram dos encontrados para a testemunha resistente Criollo de Morellos-334 (Tabela 3). Todas as demais linhagens parentais testadas (PIX-044B-01-01, PIX-044B-13-01, PIX-045B-27-02, PIX-045B-32-03, PIX-052B-06-01, Myr-29-11-8, PIM-013) tiveram altos valores para índice de reprodução (≥ 159) e para fator de reprodução ($\geq 34,7$), não diferindo dos encontrados na testemunha suscetível Magnata Super. Nas linhagens Carolina Wonder e Charleston Belle, esses resultados eram esperados a partir da descrição de seus autores (FERY et al., 1998), que relatam serem elas homozigotas para o alelo N que confere resistência à *M. incognita*. Contudo, essa informação não era disponível para a linhagem Myr-29-09-05, presumida suscetível, já que a cultivar de polinização aberta que lhe deu origem (Myr-29) não é considerada resistente. É possível que Myr-29, uma população de polinização aberta não muito uniforme geneticamente, incluísse uma percentagem de plantas resistentes à *M. incognita* ao lado de uma percentagem de plantas suscetíveis – o que pode explicar o fato de que, a partir de Myr-29, pudessem ter sido selecionadas tanto uma linhagem resistente (Myr-29-09-05) quanto uma suscetível (Myr-29-11-08).

Reações dos híbridos experimentais à P. capsici

Dos 30 híbridos experimentais testados, quatro [F1(PIX-044B-01-01 x PIM-013), F1(PIX-044B-13-01 x PIX-052B-06-01), F1(PIX-045B-27-02 x PIX-

052B-06-01), F1(PIX-045B-32-03 x PIX-052B-06-01)] tinham em sua composição duas linhagens parentais confirmadas como altamente resistentes à *P. capsici*. Tais híbridos apresentaram 100% de plantas assintomáticas após inoculação, valor comparável ao das linhagens resistentes *per se*, ao da testemunha resistente Criollo de Morelos-334, e aos dos híbridos comerciais resistentes Konan-R, Marta-R, Stephany e Mallorca (Tabela 2). Por outro lado, 22 híbridos [F1(PIX-044B-01-01 x Carolina Wonder), F1(PIX-044B-13-01 x Carolina Wonder), F1(PIX-045B-27-02 x Carolina Wonder), F1(PIX-045B-32-03 x Carolina Wonder), F1(PIX-052B-06-01 x Carolina Wonder), F1(PIX-044B-01-01 x Charleston Belle), F1(PIX-044B-13-01 x Charleston Belle), F1(PIX-045B-27-02 x Charleston Belle), F1(PIX-045B-32-03 x Charleston Belle), F1(PIX-052B-06-01 x Charleston Belle), F1(PIM-013 x MYR-29-09-05), F1(PIX-044B-01-01 x MYR-29-09-05), F1(PIX-044B-13-01 x MYR-29-09-05), F1(PIX-045B-27-02 x MYR-29-09-05), F1(PIX-045B-32-03 x MYR-29-09-05), F1(PIX-052B-06-01 x MYR-29-09-05), F1(PIM-013 x MYR-29-11-08), F1(PIX-044B-01-01 x MYR-29-11-08), F1(PIX-044B-13-01 x MYR-29-11-08), F1(PIX-045B-27-02 x MYR-29-11-08), F1(PIX-045B-32-03 x MYR-29-11-08), F1(PIX-052B-06-01 x MYR-29-11-08)] apresentaram em sua constituição apenas um genitor altamente resistente à *P. capsici*. Nesses casos, a percentagem de plantas assintomáticas variou entre 64,6% e 100%, valores que diferiram significativamente dos apresentados pela testemunha suscetível Magnata Super, mas que em alguns casos chegaram a ser significativamente menores do que os apresentados pela testemunha resistente Criollo de Morelos-334 e demais híbridos com alta resistência. Fica evidente que o nível de resistência médio desses híbridos é ligeiramente inferior ao obtido em híbridos em que os dois genitores são resistentes. Não se conhecem as relações de alelismo entre os genes que controlam resistência à *P. capsici* nas linhagens resistentes PIX-044B-01-01, PIX-044B-13-01, PIX-045B-27-02, PIX-045B-32-

03, PIX-052B-06-01 e PIM-013, nem tampouco se a herança do caráter é monogênica. Se as resistências nesses casos forem controladas pelo mesmo gene, concluir-se-ia que o homocigoto seria ligeiramente mais resistente do que o heterocigoto, indicando dominância incompleta do alelo de resistência. Contudo, mesmo que esse alelismo não se confirme, fica claro um efeito de dosagem alélica, uma vez que dois genitores resistentes produzem híbridos mais resistentes do que aqueles em que apenas um genitor possui resistência.

Quatro dos híbridos experimentais testados [F1(Carolina Wonder x MYR-29-09-05), F1(Charleston Belle x MYR-29-09-05), F1(Carolina Wonder x MYR-29-11-08), F1(Charleston Belle x MYR-29-11-08)] possuíam como genitor, por um lado, uma linhagem com nível intermediário de resistência à *P. capsici* (Carolina Wonder ou Charleston Belle), e, por outro, uma linhagem suscetível. Dentre esses quatro híbridos, os menores níveis de resistência à *P. capsici*, similares aos da testemunha suscetível Magnata Super, estiveram associados aos F1(Carolina Wonder x MYR-29-11-08) e F1(Charleston Belle x MYR-29-11-08) (Tabela 2), em que um dos genitores (Carolina Wonder ou Charleston Belle) é resistente ao nematoide *M. incognita*, e o outro (MYR-29-11-08) é suscetível. Já os híbridos F1(Carolina Wonder x MYR-29-09-05) e F1(Charleston Belle x MYR-29-09-05), em que ambos os genitores são resistentes à *M. incognita*, apresentaram níveis de resistência à *P. capsici* significativamente maiores do que os da testemunha Magnata Super, e comparáveis aos das linhagens Carolina Wonder ou Charleston Belle. Uma possível ligação em associação dos genes que controlam resistência moderada à *P. capsici* e o gene N que controla resistência à *M. incognita* em Carolina Wonder/ Charleston Belle poderia ser uma explicação plausível para esses dados, não fosse o fato de que MYR-29-09-05, resistente à *M. incognita*, não possui sequer nível de resistência moderado à *P. capsici* (Tabela 2).

Reações dos híbridos experimentais ao PepYMV.

Nenhum dos 30 híbridos experimentais era constituído de dois genitores suscetíveis, de modo que em todos os casos as percentagens de plantas assintomáticas variaram de 61,9 a 100%, significativamente superiores aos valores de 0% encontrados nos genótipos suscetíveis Carolina Wonder, Charleston Belle, PIM-013 e Magnata Super (Tabela 2).

Onze dos híbridos experimentais testados [F1(PIX-044B-13-01 x MYR-29-11-08), F1(PIX-045B-27-02 x MYR-29-11-08), F1(PIX-045B-32-03 x MYR-29-11-08), F1(PIX-052B-06-01 x MYR-29-11-08), F1(PIX-044B-13-01 x PIX-052B-06-01), F1(PIX-045B-27-02 x PIX-052B-06-01), F1(PIX-045B-32-03 x PIX-052B-06-01), F1(PIX-044B-13-01 x MYR-29-09-05), F1(PIX-045B-27-02 x MYR-29-09-05), F1(PIX-045B-32-03 x MYR-29-09-05), F1(PIX-052B-06-01 x MYR-29-09-05)] apresentaram ambas as linhagens parentais constituintes com níveis máximos de resistência ao PepYMV. Esses híbridos apresentaram níveis de resistência comparáveis aos de suas linhagens constituintes, bem como ao da testemunha resistente Criollo de Morelos-334 (% de plantas assintomáticas entre 88,9 e 100%). Por outro lado, nos 14 híbridos [F1(PIX-044B-13-01 x Carolina Wonder), F1(PIX-045B-27-02 x Carolina Wonder), F1(PIX-045B-32-03 x Carolina Wonder), F1(PIX-052B-06-01 x Carolina Wonder), F1(PIX-044B-13-01 x Charleston Belle), F1(PIX-045B-27-02 x Charleston Belle), F1(PIX-045B-32-03 x Charleston Belle), F1(PIX-052B-06-01 x Charleston Belle), F1(Carolina Wonder x MYR-29-09-05), F1(Charleston Belle x MYR-29-09-05), F1(PIM-013 x MYR-29-09-05), F1(Carolina Wonder x MYR-29-11-08), F1(Charleston Belle x MYR-29-11-08), F1(PIM-013 x MYR-29-11-08)] constituídos por um genitor altamente resistente à PepYMV e um genitor suscetível, a percentagem de plantas assintomáticas variou de 74,9 a 100%, e em quatro desses casos essa percentagem foi significativamente menor do que a obtida na testemunha Criollo de Morelos-

334 e na respectiva linhagem parental resistente. Esses resultados sugerem que o(s) alelo(s) que controla(m) resistência à PepYMV possuem dominância incompleta, e que níveis ligeiramente maiores de resistência podem ser obtidos em híbridos quando ambos os genitores forem resistentes. O menor nível de resistência encontrado nos híbridos experimentais correspondeu ao do híbrido F1(PIX-044B-01-01 x Charleston Belle) (61,9% de plantas assintomáticas), no qual o próprio genitor resistente (PIX-044B-01-01) apresentou níveis intermediários de resistência (78,3% de plantas assintomáticas), reflexo de uma possível não homozigose da linhagem PIX-044B-01-01 para o caráter em questão.

Reações dos híbridos experimentais ao M. incognita

Dos 30 híbridos experimentais testados, vinte foram obtidos a partir de pelo menos um genitor resistente à *M. incognita* – Carolina Wonder, Charleston Belle ou Myr-29-09-05, e tiveram índices de reprodução ($\leq 6,2\%$) e fatores de reprodução ($\leq 1,8$) que não diferiram das respectivas linhagens resistentes nem da testemunha Criollo de Morelos-334, mas foram significativamente inferiores aos da testemunha suscetível Magnata Super. Os híbridos comerciais (Konan-R, Magali-R, Marta-R, Stephany e Mallorca), bem como demais 10 híbridos experimentais em que ambas as linhagens parentais eram suscetíveis, a exemplo da testemunha Magnata Super, mostraram-se também suscetíveis ao nematoide, com índices de reprodução $\geq 136\%$ e fatores de reprodução $\geq 29,9$ (Tabela 3). As amplitudes de variação dos índices de reprodução (IR%) e dos fatores de reprodução (FR) entre as linhagens resistentes foi $0,2 \leq \text{IR}\% \leq 2,7$ e $0,0 \leq \text{FR} \leq 0,3$, amplitudes semelhantes às encontradas para os híbridos [F1(Carolina Wonder x MYR-29-09-05) e F1(Charleston Belle x MYR-29-09-05)], constituídos por dois genitores resistentes. Já os híbridos em que apenas um dos genitores é resistente ao *M. incognita* apresentaram amplitudes de variação para

IR% e para FR ligeiramente maiores, $0,1 \leq IR\% \leq 6,2$ e $0,0 \leq FR \leq 1,8$. Fica evidente um efeito de dosagem alélica, dois alelos para resistência no mesmo híbrido conferem um nível de resistência ligeiramente maior do que quando apenas um alelo está presente. Em caso de alelismo entre o gene N presente em Carolina Wonder/ Charleston Belle, e o alelo de resistência presente em MYR-29-09-05, poder-se-ia concluir que o grau de dominância do gene é incompleta, porém muito próximo de 1.

Discussão e conclusões gerais

Foram identificados cinco híbridos com resistência simultaneamente a *P. capsici*, PepYMV e *M. incognita* : F1(PIX-044B-01-01 x Carolina Wonder), F1(PIX-044B-13-01 x Carolina Wonder), F1(PIM-013 x MYR-29-09-05), F1(PIX-045B-32-03 x MYR-29-09-05) e F1(PIX-052B-06-01 x MYR-29-09-05). Do ponto de vista de resistência varietal aos três patógenos, os quatro últimos estariam prontos para ser liberados para o mercado, uma vez que seus níveis de resistência para cada um dos patógenos são comparáveis aos dos melhores genótipos resistentes. Já o híbrido F1(PIX-044B-01-01 x Carolina Wonder) exigiria uma seleção prévia dentro da linhagem PIX-044B-01-01, visando a assegurar homozigossidade para resistência ao PepYMV.

Tanto para *P. capsici*, PepYMV e *M. incognita*, foram encontradas evidências de que híbridos com duas linhagens parentais resistentes apresentam níveis de resistência ligeiramente superiores àqueles com apenas uma linhagem parental resistente – fato esse que, em caso de alelismo entre as diversas fontes de resistência utilizadas para cada patógeno, poderia ser explicado pela ação gênica de dominância incompleta.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); à Universidade Federal de Lavras (UFLA); à empresa HortiAgro Sementes S.A.

REFERÊNCIAS

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, p. 553-561, 1981.

CANDOLE, B. L.; CONNER, P. J.; JI, P. Screening *Capsicum annuum* accessions for resistance to six isolates of *Phytophthora capsici*. **HortScience**, Alexandria, v. 45, p. 254-259, 2010.

ECHER, M. M.; COSTA, C. P. Reaction of sweet pepper to the *potato virus Y* (PVY^m). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 309-314, 2002.

FAZARI, A.; PALLOIX, A.; WANG, L.; HUA, M.Y.; SAGE-PALLOIX, A.; ZHANG, B. X.; DJIAN-CAPORALINO, C. The root-knot nematode resistance *N*-gene co-localizes in the *Me*-genes cluster on the pepper (*Capsicum annuum* L.) P9 chromosome. **Plant Breeding**, Berlin, v.131, 665-673, 2012.

FERY, R. L.; DUKES, P. D.; THIES, J. A. 'Carolina Wonder' and 'Charleston Belle': southern root-knot nematode – resistente bell peppers. **HortScience**, Alexandria, v. 33, p. 900-902, 1998.

GISBERT, C.; TRUJILLO-MOYA, C.; SÁNCHEZ-TORREZ, P.; SIFRES, A.; SÁNCHEZ-CASTRO, E.; NUEZ, F. Resistance of pepper germoplasm to *Meloidogyne incognita*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 162, p. 110-118, 2013.

GOMIDE, M. L.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A. Capacidade de combinação de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 740-748, 2008.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

LUCINDA, N.; ROCHA, W. B.; INOUE-NAGATA, A. K.; NAGATA, T. Complete genome sequence of pepper yellow mosaic virus, a potyvirus, occurring in Brazil. **Archives of Virology**, New York, v. 157, p. 1397-1401, 2012.

MCGREGOR, C.; WATERS, V.; NAMBEESAN, S.; MACLEAN, D.; CANDOLE, B. L.; CONNER, P. Genotypic and phenotypic variation among pepper accessions resistant to *Phytophthora capsici*. **HortScience**, Alexandria, v. 46, p. 1235-1240, 2011.

MONROY-BARBOSA, A.; BOSLAND, P. W. Genetic analysis of *Phytophthora* Root Rot Race-specific resistance in Chile Pepper. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Stanford, v. 133, p. 825-829, 2008.

NASCIMENTO, I. R.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; VALLE, L. A. C.; MENEZES, C. B.; BENITES, F. R. G. Capacidade combinatória e ação gênica na expressão de caracteres de importância econômica em pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, p. 251-260, 2004.

NASCIMENTO, I. R.; MALUF, W. R.; GONÇALVES, L. D.; FARIA, M. V.; RESENDE, J. T. V.; NOGUEIRA, D. W. Capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir de análise dialélica multivariada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, p. 235-240, 2010.

NOGUEIRA, D. W.; NOGUEIRA, D. G.; MALUF, W. R.; MACIEL, G. M.; FIGUEIRA, A. R.; MENEZES, C. B. Seleção assistida com uso de marcador molecular para resistência a potyvírus em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 955-963, 2012.

NOGUEIRA, D. W. **Seleção assistida por marcadores moleculares e capacidade combinatória de linhagens de pimentão com resistência múltipla a doenças**. 2010. 80 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramentos de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

THIES, J. A.; ARISS, J. J. Comparison between the *N* and *Me3* genes conferring resistance to the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in genetically different pepper lines (*Capsicum annuum*). **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 125, p. 545-550, 2009.

Tabela 1 Descrição das linhagens parentais de pimentão

Parentais	Reação ¹		
	<i>Phytophthora capsici</i>	PepYMV	<i>Meloidogyne incognita</i>
PIX-044B-01-01	R (?)	R (?)	S (?)
PIX-044B-13-01	R (?)	R (?)	S (?)
PIX-045B-27-02	R (?)	R (?)	S (?)
PIX-045B-32-03	R (?)	R (?)	S (?)
PIX-052B-06-01	R (?)	R (?)	S (?)
CarolinaWonder	S (?)	S (?)	R
Charleston Belle	S (?)	S (?)	R
MYR-29-09-05	S (?)	R	S (?)
MYR-29-11-08	S (?)	R	S (?)
PIM-13	R	S	S

¹ S = Suscetibilidade; R = Resistência

(?) = indica resistência (R) ou suscetibilidade (S) presumidas com base na genealogia e/ou em informações obtidas anteriormente. Estão sujeitas à confirmação nos presentes ensaios.

Tabela 2 Avaliação de reação de resistência à *Phytophthora capsici* e ao PepYMV em pimentão

TRATAMENTO	<i>Phytophthora capsici</i>			PepYMV		
	% plantas sem sintomas ⁽¹⁾	Dunnett Pr < Criollo de Morelos(2)	Dunnett Pr > Magnata Super(3)	% plantas sem sintomas(1)	Dunnett Pr < Criollo de Morelos(2)	Dunnett Pr > Magnata Super(3)
PIX-044B-01-01	100 a	ns	**	78.3 bcd	**	**
PIX-044B-13-01	100 a	ns	**	100 a	ns	**
PIX-045B-27-02	93.9 ab	ns	**	100 a	ns	**
PIX-045B-32-03	100 a	ns	**	100 a	ns	**
PIX-052B-06-01	100 a	ns	**	93 abc	ns	**
Carolina Wonder	27.1 ef	**	**	0 e	**	ns
Charleston Belle	35.4 e	**	**	0 e	**	ns
MYR-29-09-05	0 g	**	ns	100 a	ns	**
MYR-29-11-08	0 g	**	ns	100 a	ns	**
PIM-013	100 a	ns	**	0 e	**	ns
Konan-R	100 a	ns	**	100 a	ns	**
Magali-R	0 g	**	ns	100 a	ns	**
Martha-R	100 a	ns	**	100 a	ns	**
Stephany	91.4 abc	ns	**	97.4 ab	ns	**
Mallorca	97.9 a	ns	**	100 a	ns	**
Magnata Super	2.1 fg	**		0 e	**	
Criollo de Morelos-334	100 a		**	100 a		**
F1(PIX-044B-01-01 X Carolina Wonder)	93.8 ab	ns	**	88.1 abc	ns	**
F1(PIX-044B-13-01 X Carolina Wonder)	85.4 abcd	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-27-02 X Carolina Wonder)	81.3 abcd	*	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-32-03 X Carolina Wonder)	100 a	ns	**	74.9 cd	**	**
F1(PIX-052B-06-01 X Carolina Wonder)	77.1 abcd	**	**	80.6 abcd	**	**
F1(PIX-044B-01-01 X Charleston Belle)	93.8 ab	ns	**	61.9 d	**	**
F1(PIX-044B-13-01 X Charleston Belle)	64.6 d	**	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-27-02 X Charleston Belle)	77.1 abcd	**	**	97.8 ab	ns	**
F1(PIX-045B-32-03 X Charleston Belle)	97.9 a	ns	**	77.5 cd	**	**

Tabela 2, conclusão

TRATAMENTO	<i>Phytophthora capsici</i>			PepYMV		
	% plantas sem sintomas ⁽¹⁾	Dunnett Pr < Criollo de Morelos(2)	Dunnett Pr > Magnata Super(3)	% plantas sem sintomas(1)	Dunnett Pr < Criollo de Morelos(2)	Dunnett Pr > Magnata Super(3)
F1(PIX-052B-06-01 X Charleston Belle)	93.8 ab	ns	**	78.3 bcd	**	**
F1(Carolina Wonder X MYR-29-09-05)	33.3 e	**	**	100 a	ns	**
F1(Charleston Belle X MYR-29-09-05)	27.1 ef	**	**	100 a	ns	**
F1(PIM-013 X MYR-29-09-05)	100 a	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-044B-01-01 X MYR-29-09-05)	68.8 bcd	**	**	100 a	ns	**
F1(PIX-044B-13-01 X MYR-29-09-05)	64.6 d	**	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-27-02 X MYR-29-09-05)	66.7 cd	**	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-32-03 X MYR-29-09-05)	95.8 a	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-052B-06-01 X MYR-29-09-05)	95.8 a	ns	**	100 a	ns	**
F1(Carolina Wonder X MYR-29-11-08)	4.2 fg	**	ns	100 a	ns	**
F1(Charleston Belle X MYR-29-11-08)	2.1 fg	**	ns	100 a	ns	**
F1(PIM-013 X MYR-29-11-08)	100 a	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-044B-01-01 X MYR-29-11-08)	95.8 a	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-044B-13-01 X MYR-29-11-08)	93.8 ab	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-27-02 X MYR-29-11-08)	87.5 abcd	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-32-03 X MYR-29-11-08)	95.8 a	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-052B-06-01 X MYR-29-11-08)	93.8 ab	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-044B-01-01 X PIM-013)	100 a	ns	**	86.3 abc	ns	**
F1(PIX-044B-13-01 X PIX-052B-06-01)	100 a	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-27-02 X PIX-052B-06-01)	100 a	ns	**	100 a	ns	**
F1(PIX-045B-32-03 X PIX-052B-06-01)	100 a	ns	**	88.9 abc	ns	**

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽²⁾Testemunha resistente a *Phytophthora capsici* e ao PepYMV.

⁽³⁾Testemunha suscetível a *Phytophthora capsici* e ao PepYMV.

ns, **, *: não significativo e significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, pelo teste de Dunnnett, respectivamente.

Tabela 3 Índice de reprodução (IR%) e fator de reprodução (FR) de *Meloidogyne incognita* em pimentão

TRATAMENTOS	ÍNDICE DE REPRODUÇÃO			FATOR DE REPRODUÇÃO		
	IR(%) ⁽¹⁾	Dunnett Pr > Criollo de Morelos(2)	Dunnett Pr < Magnata Super(3)	FR ⁽¹⁾	Dunnett Pr > Criollo de Morelos(2)	Dunnett Pr < Magnata Super(3)
PIX-044B-01-01	318 de	**	ns	66.9 cd	**	ns
PIX-044B-13-01	197 bcd	**	ns	37.2 abcd	**	ns
PIX-045B-27-02	283 cde	**	ns	58.7 cd	**	ns
PIX-045B-32-03	173 bc	**	ns	41.5 cd	**	ns
PIX-052B-06-01	347 e	**	ns	58.2 cd	**	ns
Carolina Wonder	0.2 a	ns	**	0 a	ns	**
Charleston Belle	2.7 a	ns	**	0.3 a	ns	**
MYR-29-09-05	1 a	ns	**	0.2 a	ns	**
MYR-29-11-08	280 cde	**	ns	57.6 cd	**	ns
PIM-013	159 bc	**	ns	34.7 abcd	**	ns
Konan-R	136 ab	**	ns	29.9 abc	*	ns
Magali-R	219 bcde	**	ns	49.6 cd	**	ns
Martha-R	233 bcde	**	ns	56.5 cd	**	ns
Stephany	269 bcde	**	ns	60.9 cd	**	ns
Mallorca	231 bcde	**	ns	54.5 cd	**	ns
Magnata Super	157 bc	**		37.1 abcd	**	
Criollo de Morelos-334	1.6 a		**	0.2 a		**
F1(PIX-044B-01-01 X Carolina Wonder)	2.1 a	ns	**	0.5 a	ns	**
F1(PIX-044B-13-01 X Carolina Wonder)	0.1 a	ns	**	0 a	ns	**
F1(PIX-045B-27-02 X Carolina Wonder)	1.9 a	ns	**	0.4 a	ns	**
F1(PIX-045B-32-03 X Carolina Wonder)	6.2 a	ns	**	1.6 ab	ns	**
F1(PIX-052B-06-01 X Carolina Wonder)	2.6 a	ns	**	0.6 a	ns	**
F1(PIX-044B-01-01 X Charleston Belle)	1.5 a	ns	**	0.5 a	ns	**
F1(PIX-044B-13-01 X Charleston Belle)	3.3 a	ns	**	0.7 a	ns	**
F1(PIX-045B-27-02 X Charleston Belle)	0.8 a	ns	**	0.2 a	ns	**
F1(PIX-045B-32-03 X Charleston Belle)	0.7 a	ns	**	0.2 a	ns	**

Tabela 3, conclusão

TRATAMENTOS	ÍNDICE DE REPRODUÇÃO			FATOR DE REPRODUÇÃO		
	IR(%) ⁽¹⁾	Dunnnett Pr > Criollo de Morelos(2)	Dunnnett Pr < Magnata Super(3)	FR ⁽¹⁾	Dunnnett Pr > Criollo de Morelos(2)	Dunnnett Pr < Magnata Super(3)
F1(PIX-052B-06-01 X Charleston Belle)	0.9 a	ns	**	0.2 a	ns	**
F1(Carolina Wonder X MYR-29-09-05)	0.2 a	ns	**	0 a	ns	**
F1(Charleston Belle X MYR-29-09-05)	1.3 a	ns	**	0.3 a	ns	**
F1(PIM-013 X MYR-29-09-05)	1.3 a	ns	**	0.3 a	ns	**
F1(PIX-044B-01-01 X MYR-29-09-05)	4.1 a	ns	**	1 a	ns	**
F1(PIX-044B-13-01 X MYR-29-09-05)	0.9 a	ns	**	0.2 a	ns	**
F1(PIX-045B-27-02 X MYR-29-09-05)	5.8 a	ns	**	1.8 ab	ns	**
F1(PIX-045B-32-03 X MYR-29-09-05)	2.9 a	ns	**	0.7 a	ns	**
F1(PIX-052B-06-01 X MYR-29-09-05)	4 a	ns	**	1 a	ns	**
F1(Carolina Wonder X MYR-29-11-08)	2.4 a	ns	**	0.5 a	ns	**
F1(Charleston Belle X MYR-29-11-08)	4.9 a	ns	**	1 a	ns	**
F1(PIM-013 X MYR-29-11-08)	252 bcde	**	ns	65.9 cd	**	ns
F1(PIX-044B-01-01 X MYR-29-11-08)	190 bcd	**	ns	45.7 cd	**	ns
F1(PIX-044B-13-01 X MYR-29-11-08)	173 bc	**	ns	41.3 cd	**	ns
F1(PIX-045B-27-02 X MYR-29-11-08)	283 cde	**	ns	72.9 d	**	ns
F1(PIX-045B-32-03 X MYR-29-11-08)	179 bcd	**	ns	46.9 cd	**	ns
F1(PIX-052B-06-01 X MYR-29-11-08)	233 bcde	**	ns	63.9 cd	**	ns
F1(PIX-044B-01-01 X PIM-013)	241 bcde	**	ns	68.2 cd	**	ns
F1(PIX-044B-13-01 X PIX-052B-06-01)	155 bc	**	ns	39.9 bcd	**	ns
F1(PIX-045B-27-02 X PIX-052B-06-01)	238 bcde	**	ns	57.8 cd	**	ns
F1(PIX-045B-32-03 X PIX-052B-06-01)	173 bc	**	ns	51.9 cd	**	ns

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

⁽²⁾Testemunha resistente a *Meloidogyne incognita*.

⁽³⁾Testemunha suscetível a *Meloidogyne incognita*.

^{ns}, **, *: não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste de *Dunnnett*, respectivamente.