



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

CHEYLA MAGDALA DE SOUSA LINHARES

**REAÇÃO DE ACESSOS E HERANÇA DA RESISTÊNCIA A *Macrophomina phaseolina*
E EFEITO DA TEMPERATURA NA PODRIDÃO CINZENTA EM MELOEIRO.**

MOSSORÓ-RN

2018

CHEYLA MAGDALA DE SOUSA LINHARES

**REAÇÃO DE ACESSOS E HERANÇA DA RESISTÊNCIA A *Macrophomina phaseolina*
E EFEITO DA TEMPERATURA NA PODRIDÃO CINZENTA EM MELOEIRO.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Melhoramento de Plantas

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes
Co-Orientadora: Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio

Mossoró - RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L(735 Linhares, Cheyla Magdala de Sousa.
)r REAÇÃO DE ACESSOS E HERANÇA DA RESISTÊNCIA A
Macrophomina phaseolina E EFEITO DA TEMPERATURA
NA PODRIDÃO CINZENTA EM MELOEIRO. / Cheyla
Magdala de Sousa Linhares. - 2018.
65 f. : il.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.
Coorientador: Márcia Michelle de Queiroz
Ambrósio.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2018.

1. Cucumis melo. 2. Quebra de resistência. 3.
Macrophomina phaseolina. 4. Podridão cinzenta. 5.
Controle genético. I. Nunes, Glauber Henrique de
Sousa , orient. II. Ambrósio, Márcia Michelle de
Queiroz , co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

REAÇÃO DE ACESSOS E HERANÇA DA RESISTÊNCIA A
Macrophomina phaseolina **E EFEITO DA TEMPERATURA NA**
PODRIDÃO CINZENTA EM MELOEIRO.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Defendida em: 27 / 03 / 2018

BANCA EXAMINADORA

Glauber Henrique de Sousa Nunes

Prof. Dr. Glauber Henrique de Sousa Nunes
Presidente

Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio

Prof. Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio
Membro Examinador

Elaíne Welk Lopes Pereira Nunes

Prof. Dra. Elaíne Welk Lopes Pereira Nunes
Membro Examinador

Lindomar Maria de Silveira

Prof. Dra. Lindomar Maria da Silveira
Membro Examinador

Kaliane de Souza Silva

Dra. Kaliane de Souza Silva
Membro Examinador

Aos meus pais, Raimundo Linhares Mendes e Maria de Fátima de Sousa Linhares, pelo amor, educação, princípios, apoio, sou eternamente grata.

Dedico

A DEUS, pela presença em minha vida, sabedoria de concluir este trabalho, por me capacitar nos desafios e, sempre me dar força nos momentos difíceis. Ao meu amado esposo João Freire, pelo amor, companheirismo, amizade e paciência. Aos meus sobrinhos Thaís Linhares, Lívia Linhares, Cauã Linhares e Lara Linhares, pelo amor e constante alegria.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo ensino e pesquisa, bem como o programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela contribuição na minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

As minhas irmãs Chirley Linhares, Sharlyany Linhares e Chirlene Linhares pelo apoio, preocupação, carinho e demais familiares, por acreditarem em mim, pelas palavras de encorajamento que sempre recebi.

Ao meu orientador Professor Dr. Glauber Henrique de Sousa Nunes, pelos ensinamentos transmitidos, incentivo, confiança e oportunidade.

A minha Co-orientadora Professora Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio, pelo exemplo de profissionalismo e como pessoa, paciência, por estar sempre disposta a me ajudar, pela contribuição a este trabalho e pela agradável convivência e amizade.

Aos membros da banca pela valiosa contribuição.

Aos professores Salvador Barros Torres e Clarisse pela colaboração no trabalho.

Aos amigos Hérica Tertulino, Kaliane Silva e José Novo pelo apoio e carinho.

Ao Grupo de Estudos de Recursos Genéticos e melhoramento de Plantas – GERMEV, Elaine Nunes, Anânkia Ricarte, José Maria Costa, Karmita Correia, Eliziana Augusta, Juliana Silva, Adriano Ferreira, Linco Tomaz e Alcileide Vieira por toda ajuda.

À Louise Guimarães pelo auxílio no Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia.

Muito Obrigada!

RESUMO

Apesar do meloeiro apresentar excelente adaptação às condições edafoclimáticas predominantes na região Nordeste brasileira, alguns fatores têm contribuído para a queda da produtividade e da qualidade dos frutos, tais como a ocorrência de doenças causada por microrganismos habitantes do solo, destacando-se a podridão cinzenta do caule, ocasionada por *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid.). Os objetivos do presente trabalho foram: avaliar a reação de acessos, a herança da resistência a *M. phaseolina*, e o efeito da temperatura na podridão cinzenta em meloeiro. Para o estudo da reação foram avaliados 46 acessos em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso com uma planta. Realizou-se o semeio dos acessos diretamente nos vasos, contendo substrato comercial esterilizado. A inoculação de *M. phaseolina* foi realizada por meio da inserção direta do palito, infestado com estruturas do fungo próximo ao colo da planta aos 20 dias após a semeadura. Aos quinze dias após a inoculação do fungo, foi avaliada a severidade da doença utilizando uma escala de notas. No segundo experimento, investigou-se a herança da resistência do acesso Ag-15591Ghana (resistente) cruzado com In-PsPiñSp (suscetível). Para avaliar o efeito da temperatura, os acessos Ag-15591Ghana, Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, In-PsPiñSp, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg foram inoculados pelo método do palito com o isolado Me-248 e mantidos em diferentes temperaturas (25, 28, 31 e 34°C) durante dez dias. Observou-se variabilidade no germoplasma investigado para reação ao fungo. O acesso Ag-15591Ghana é resistente a *M. phaseolina* e sua resistência é controlada por um gene maior de efeito aditivo e dominante e poligenes de efeitos aditivos. A elevação da temperatura aumenta a severidade da podridão cinzenta causada por *M. phaseolina* em meloeiro. O acesso In-PsPiñSp é mais suscetível nas temperaturas 28, 31 e 34°C. Os acessos Com-Pat81Ko, Ag-C38Nig, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg são resistentes nas temperaturas 25, 28 e 31°C, mas suscetíveis a 34°C. O acesso Ag-15591Ghana é uma fonte promissora para programas de melhoramento genético do meloeiro por ter sua resistência a *M. phaseolina* pouco alterada pelo aumento da temperatura.

Palavras-chave: *Cucumis melo*. Resistência. *Macrophomina phaseolina*. Germoplasma. Herança.

ABSTRACT

Although the melon has an excellent adaptation to the predominant edaphoclimatic conditions in the Brazilian Northeast region, some factors have contributed to the decrease in productivity and fruit quality, such as the occurrence of diseases caused by soil microorganisms, especially gray rot stem, occasioned by *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid.). The objectives of the present work were: to evaluate the access reaction, the inheritance of the resistance to *M. phaseolina*, and the effect of the temperature on the gray rot in melon. For the study of the reaction were evaluated 46 accessions in a greenhouse, in a completely randomized design with five replicates. The experimental unit consisted of a vessel with a plant. Sowing of the accesses was carried out directly in the vessels, containing sterilized commercial substrates. The inoculation of *M. phaseolina* was carried out by means of the direct insertion of the toothpick infested with structures of the fungus near the plant's neck at 20 days after sowing. Fifteen days after inoculation of the fungus, the severity of the disease was evaluated using a scale of grades. In the second experiment, the inheritance of Ag-15591Ghana (resistant) cross-resistance was investigated with In-PsPiñSp (susceptible). In order to evaluate the effect of the temperature, the accessions Ag-15591Ghana, Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, In-PsPiñSp, Can-NYIsr and Dud-QMPAfg were inoculated by the stick method with the Me-248 isolate and maintained at different temperatures 25, 28, 31 and 34 ° C) for ten days. Variability was observed in the germplasm investigated for fungal reaction. Ag-15591Ghana access is resistant to *M. phaseolina* and its resistance is controlled by a major gene of additive and dominant effect and polygenes of additive effects. The elevation of temperature increases the severity of the gray rot caused by *M. phaseolina* in melon. In-PsPiñSp access is more susceptible at temperatures 28, 31 and 34 ° C. The Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, Can-NYIsr and Dud-QMPAfg accessions are resistant at temperatures 25, 28 and 31 ° C, but susceptible at 34 ° C. Ag-15591Ghana access is a promising source for breeding programs of melon because its resistance to *M. phaseolina* is slightly altered by the increase in temperature.

Keywords: *Cucumis melo*. Resistance. *Macrophomina phaseolina*. Germplasm. Heritage.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Frutos dos genitores utilizados nos estudos da herança para resistência a *Macrophomina phaseolina*. Mossoró, UFERSA, 2018 31
- Figura 2 - Discos de micélio de *Macrophomina phaseolina* colonizando palitos de dente. Mossoró, UFERSA, 2018 33
- Figura 3 - Inoculação pelo método do palito em plantas de melão. Mossoró UFERSA, 2018..... 33
- Figura 4 - Escala de notas da severidade da doença. Mossoró, UFERSA, 2018..... 34

CAPÍTULO 3

- Figura 1- Escala de notas da severidade da doença. Mossoró, UFERSA, 2018..... 52
- Figura 2 - Severidade da podridão cinzenta do caule em função da temperatura. Mossoró, UFERSA, 2018..... 59

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Acessos de meloeiro avaliados para reação ao fungo <i>Macrophomina phaseolina</i> . Mossoró, UFERSA, 2018.....	30
Tabela 2 - Modelos de herança utilizados pelo programa Monogen v.0.1. Mossoró, UFERSA, 2018.....	36
Tabela 3 - Reação de acessos de meloeiro ao fungo <i>Macrophomina phaseolina</i> em Mossoró-RN. Mossoró, UFERSA, 2018	37
Tabela 4 - Testes de hipóteses de modelos genéticos hierárquicos em estudo de herança da resistência do acesso Ag-15591Ghana a <i>Macrophomina phaseolina</i> . Mossoró, UFERSA, 2018.....	40

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Componentes de variância, acurácia seletiva, coeficientes de variação genotípica e residual obtidos via REML da reação de acessos de meloeiro (severidade) inoculados com <i>Macrophominaphaseolina</i> em quatro temperaturas. Mossoró, UFERSA, 2018.....	55
Tabela 2 - Médias genotípicas da reação de cinco acessos de meloeiro a <i>Macrophomina phaseolina</i> em quatro temperaturas. Mossoró, UFERSA, 2018.....	56
Tabela 3 - Médias e reações de acessos de meloeiro inoculados com o isolado Me-248 de <i>Macrophomina phaseolina</i> em condições ambientais de Valencia (Espanha) e Mossoró-RN (Brasil). Mossoró, UFERSA, 2018.....	57

SUMÁRIO

1	CAPITULO 1- INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Importância e diversidade do meloeiro.....	15
2.2	<i>Macrophomina phaseolina</i> em meloeiro.....	16
2.3	Reação de acessos de meloeiro e melhoramento visando à resistência a <i>Macrophomina phaseolina</i>.....	18
	REFERÊNCIAS.....	20
	CAPÍTULO 2 - REAÇÃO DE GENÓTIPOS E HERANÇA DA RESISTÊNCIA A <i>Macrophomina phaseolina</i> EM MELOEIRO.....	26
	RESUMO.....	26
	ABSTRACT.....	27
1	INTRODUÇÃO.....	28
2	MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1	Germoplasma.....	30
2.2	Sementes.....	32
2.3	Preparo do inóculo.....	32
2.4	Inoculação e avaliação.....	33
2.5	Delineamento experimental.....	34
2.6	Análises estatísticas.....	35
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.1	Avaliação da reação dos acessos a <i>M. phaseolina</i>.....	37
3.2	Herança da resistência do acesso Ag-15591Ghanaa <i>M. phaseolina</i>.....	39
4	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43
	CAPÍTULO 3 – EFEITO DA TEMPERATURA NA PODRIDÃO CINZENTA DO CAULE EM MELOEIRO.....	47
	RESUMO.....	47
	ABSTRACT.....	48
1	INTRODUÇÃO.....	49

2	MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1	Germoplasma	51
2.2	Temperaturas (Ambientes)	51
2.3	Preparo do Inóculo	51
2.4	Condução experimental	52
2.5	Delineamento experimental	53
2.6	Análises estatísticas	53
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

As espécies das cucurbitáceas encontram-se distribuídas em regiões de clima tropical, como África, Américas do Sul e Central, e o Sudeste Asiático (FILGUEIRA, 2008). Dentre as espécies desta família destacam-se os melões (*Cucumis melo* L.) (FONTES, 2005). O Nordeste brasileiro se destaca na produção de melão, tendo os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco, expressiva participação no mercado nacional e internacional (IBGE, 2015).

Apesar do meloeiro apresentar excelente adaptação às condições edafoclimáticas da região Nordeste do Brasil, alguns fatores têm contribuído para o aumento nos custos de produção, queda da produtividade e qualidade dos frutos. Dentre estes fatores destacam-se as doenças ocasionadas por patógenos habitantes do solo (ANDRADE, et al., 2005). O fungo *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid.), tem sido isolado de raízes de meloeiro e de plantas daninhas, causando a doença conhecida como podridão cinzenta do caule (SALES JUNIOR, et al., 2012). Além disso, muitas vezes ocorre associado a outros patógenos dos gêneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Monosporacus*.

Pelo fato deste fungo ser um habitante do solo, possuir microesclerócios como estruturas de resistência e ampla gama de hospedeiros, o seu controle é difícil (KAUR et al 2012). O mesmo pode causar vários sintomas, tais como: tombamento de pré e pós-emergência, podridão em caules, podridão de raízes, queima das folhas, murcha da planta e até a morte (WATSON; NAPIER 2009). Uma alternativa viável ao controle desse fungo é a utilização de variedades resistentes, pelo fato de ser seguro ao ambiente e, ser utilizado de forma complementar a outros métodos de controle. Neste sentido, o rastreio de germoplasma para resistência a este fungo é necessário para identificar fontes úteis e assim controlá-lo (AMBRÓSIO et al., 2015).

Poucos são os estudos desenvolvidos com intuito de verificar resistência de genótipos de meloeiro a *M. phaseolina*. Ambrósio et al., (2015) quando estudaram a resistência de acessos de melão a *M. phaseolina* em casa de vegetação, verificaram sete acessos altamente resistentes (Ag-15591Ghana, Dud-CUM296Georg, Ag-C38Nig, Can-NYIsr, Con-Pat81Ko, Dud-QPMAfg e Ac-TGR1551Zimb), fontes promissoras para a resistência a esse fungo. Salari et al. (2012) relataram que duas variedades crioulas (Sfidak

khatdar e Sfidak bekhat) foram moderadamente resistente (MR) e, ambas mostraram baixos níveis de danos da haste após a infecção com *M. phaseolina*.

Tendo em vista que não há registro de fontes de resistência a *M. phaseolina*, dentro dos acessos dos pequenos produtores no Nordeste do Brasil e, em relação aos contidos na coleção ativa de germoplasma da UFERSA, nem relatos de híbridos comerciais com resistência a *M. phaseolina* são essenciais pesquisas para a identificação.

Logo, após a identificação do gene de resistência, outro fator importante em um programa de melhoramento genético é fazer o estudo da herança genética, para entender como se dá o controle genético da resistência nas fontes, além de fornecer ao melhorista conhecimento para escolher a melhor estratégia para transferência de alelos (MELO, 2014). Não há relatos de estudos envolvendo esse tema, com relação à doença causada por esse fungo habitante do solo.

Sabe-se que existem fatores que podem influenciar fortemente o aparecimento de doenças e, um deles é a temperatura. No Brasil, foram realizados ensaios para testar a resistência de acessos de meloeiro a *M. phaseolina* e, não foi constatada resistência de nenhum acesso a este patógeno (MEDEIROS et al., 2015). No entanto, na Espanha foi realizado um estudo com 97 acessos de diferentes partes do mundo, inclusive, alguns já testados no Brasil e, foi observado que alguns acessos apresentavam resistência a *M. phaseolina* na condição ambiental de Valência-Espanha (AMBRÓSIO et al., 2015).

A região semiárida do Brasil apresenta condição climática distinta de Valência-Espanha, assim, objetivou-se neste trabalho avaliar fontes de resistência de meloeiro a *M. phaseolina*, verificar se os acessos resistentes na Espanha apresentam resistência no Nordeste do Brasil, estudar a herança da resistência a *M. phaseolina* e verificar o efeito da temperatura na podridão cinzenta causada por este patógeno.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância e diversidade do meloeiro

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma das frutas frescas mais exportadas pelo Brasil. O mesmo ocupa a décima primeira colocação no ranking dos principais produtores mundiais, com área plantada de 22.021 hectares, produção de 565.900 toneladas em 2013 e exportação de 34% do total produzido, tendo como principais destinos os Países Baixos, a Espanha, o Reino Unido e a Itália (AGRIANUAL, 2016).

O meloeiro é muito importante para a região do Nordeste brasileiro, pois produz mais de 95% do melão nacional, sendo o estado do Rio Grande do Norte e o Estado do Ceará os maiores produtores e exportadores (NUNES et al., 2016). O pólo agrícola Mossoró/Assu, localizado no estado do Rio grande do Norte destaca-se pelas altas temperaturas associadas à luminosidade elevada durante o ano, condições que garantem boa produtividade e frutos com atributos desejáveis (ANGELOTTI; COSTA, 2010). Além de ser importante para o agronegócio, essa cultura contribui para a geração de emprego e renda, promovendo a melhoria de vida das pessoas que têm na agricultura sua forma de sustento.

O meloeiro pertence à família Cucurbitaceae, tendo como prováveis centros de origem o leste da África e a Ásia. Os que defendem o leste da África levam em consideração o seu número de cromossomos ($2n = 2x = 24$), pois as demais espécies de cucurbitáceas do gênero *Cucumis* têm o mesmo número básico de cromossomos ($x = 12$) (KERJE; GRUM, 2000). No entanto, autores que defendem a Ásia afirmam que a maior diversidade da espécie está no continente asiático e, que se deu a partir da espécie *Cucumis callosus* (Rottle) Cogn. et Harms. Além disto, verificam-se insucessos nos cruzamentos envolvendo o meloeiro e espécies do gênero *Cucumis* da África (SEBASTIAN et al., 2010).

Esta espécie é considerada a mais polimórfica dentro do gênero *Cucumis* (LUAN et al., 2010). O pesquisador Charles Naudin foi o primeiro a subdividi-lo em 16 variedades botânicas, sendo a base para classificações futuras (PITRAT et al., 2000).

A espécie *C. melo* compreende duas subespécies, de acordo com a pilosidade do ovário: *C. melo* spp *melo*, com pêlos longos no ovário, e *C. melo* spp *agrestis*, com pêlos curtos e adensados no ovário (JEFREY, 1980). A subespécie *agrestis* contempla as variedades ou grupos botânicos *acidulus*, *conomon*, *momordica*, *makuwa* e *chinensis*. E, a

melo, variedades como *chate*, *flexuosus*, *tibish*, *adana*, *ameri*, *cantalupensis*, *chandalak*, *reticulatus*, *inodorus* e *dudaim* (PITRAT; BESOMBLES, 2008; BURGER et al.; 2010).

Dentro dos grupos existem os tipos de melão, os quais foram melhorados. Os tipos comercializados no Brasil são: Amarelo, Honey Dew, Pele de sapo, Cantaloupe, Gália e Charentais. Os três primeiros tipos pertencem à variedade botânica *inodorus* (frutos não climatéricos). Os do tipo Cantaloupe (americano) e Charentais (europeu) são aromáticos (frutos climatéricos) (NUNES et al., 2006), bem como o melão Gália (KARCHI, 2000).

2.2 *Macrophomina phaseolina* em meloeiro

Dentre as doenças que acometem o meloeiro destacam-se as ocasionadas por patógenos habitantes do solo, como a podridão cinzenta, causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid.) (TAVARES, 2002). Este patógeno tem sido isolado de raízes de meloeiro e de plantas daninhas (SALES JÚNIOR et al., 2012). Trata-se de um fungo mitosporico, pertencente ao filo Ascomycota, classe Dothideomycetes, ordem Botryosphaerales e família *Botryosphaeriaceae*, podendo formar dois tipos de estruturas assexuais: picnídios e microesclerócios (VIANA, 1996; MYCOBANK, 2013).

Os microesclerócios variam bastante, podendo ser esféricos, oblongos, ovais ou elípticos, bem como em longitude (25 a 150 μm). As hifas jovens são hialinas e tornam-se escuras com a idade (BRUTON; WANN, 2004). São produzidos a partir do micélio, com estrutura multicelular, duras e resistentes a condições adversas, e são encontrados sob a epiderme das raízes ou na camada externado córtex e região do colo (ALMEIDA et al., 2014).

Os exsudatos radiculares são responsáveis por induzir a germinação dos microesclerócios, no qual tubos germinativos são formados aderindo às células epidérmicas das raízes por pressão mecânica e digestão enzimática, ou através de feridas e aberturas naturais (HARTMAN et al., 1999). Tais estruturas são responsáveis pela fase saprófita do fungo (KAUR et al., 2012). Segundo Baird et al. (2003), os microesclerócios podem sobreviver de 2 a 15 anos no solo, dependendo das condições ambientais e, se estiverem ou não associados a tecidos do hospedeiro.

Os picnídios são estruturas negras que variam entre 100 a 200 μm . Os conídios são unicelulares, hialinos, elipsóides ou ovóides e medem 14-30 x 5-10 μm . Os picnídios germinam facilmente e são infecciosos (BRUTON; WANN, 2004). São produzidos em

tecido vivo e, responsáveis pela fase patogênica da doença (MACHADO; KIMATI, 1975; KAUR et al., 2012).

O fungo foi relatado em todo o mundo, mas é economicamente mais importante nos países tropicais e subtropicais (PURKAYASTHA et al., 2006), causando significativas perdas na produção agrícola sob altas temperaturas e em condição de tempo seco (MUCHERO et al., 2011; AMBRÓSIO et al., 2015). O clima do Brasil favorece a infecção por esse fungo, por apresentar solos mais compactados e, elevada temperatura (28-32°C)(CARDONA 2006; ALMEIDA et al., 2014).

Sua ocorrência foi relatada, pela primeira vez, no Brasil em raízes de feijão (BITANCOURT, 1935). Possui um amplo espectro de hospedeiros, parasitando mais de 680 espécies botânicas como feijão, sorgo, milho, algodão, feijão-caupi, pinus, citrus, café, plantas medicinais e, ainda, plantas daninhas (FARR et al., 2010; GUPTA et al., 2012). A gravidade da doença está diretamente relacionada com a população de microesclerócios viáveis no solo (KHAN 2007). Essa doença foi verificada em diversos estados brasileiros (NECHET; HALFELD-VIEIRA, 2006). Estudos evidenciaram a presença de diferentes fungos habitantes do solo ocasionando colapso de ramas associados às raízes de meloeiro nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, dentre eles, *M. phaseolina* (SANTOS et al., 2000; MARINHO et al., 2002; ANDRADE et al., 2005).

Os sintomas da podridão iniciam-se com lesões na haste da planta, sendo deprimidas e escuras tornando-se acinzentadas, podendo ocorrer clorose, podridão de raiz, murcha e morte dos ramos ou de toda planta (BIANCHINI, et al., 2005). Plantas severamente infectadas morrem prematuramente em virtude da produção de toxinas do fungo e, pelo bloqueio dos vasos do xilema (ISLAM et al., 2012). Os prejuízos causados por doenças a cultura do meloeiro são inúmeros, indo desde a queda da produtividade e qualidade dos frutos até danos irreversíveis como perda total de área plantada, já que não há tempo suficiente para recuperação da planta, por se tratar de uma cultura de ciclo curto. Tem-se atribuído ao monocultivo, a causa da ocorrência de doenças em áreas com meloeiro. Reduções de até 50% nas principais áreas de produção de melão na Espanha foram verificadas devido à ocorrência do colapso do meloeiro (SALES JÚNIOR, 1999), doença em que diversos patógenos atuam em associação, causando podridão radicular. Yang e Navi (2005) verificaram reduções de 30 a 50% nas lavouras de soja, em alguns estados dos Estados Unidos, ocasionadas por *M. phaseolina*.

As fontes de inóculo são constituídas pela semente infectada, restos de cultura e, microesclerócios, sendo este último responsável pela sobrevivência do fungo em condições

adversas ou na ausência de hospedeiro suscetível e, pela fonte primária de inóculo (CHIBA, et al., 2000; NDIAYE, 2007; GUTPA et al. 2012).

Têm sido realizadas algumas investigações sobre a eficiência do controle biológico com *Streptomyces* spp. (ETEBARIAN et al., 2006a) e *Trichoderma* (ETEBARIAN, 2006b) contra *M. phaseolina* em meloeiro. A adubação verde tem reduzido o potencial de inóculo de fitopatógenos habitantes do solo, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo, além de aumentar a quantidade de matéria orgânica e induzir a planta a produzir substâncias com ação antagônica a estes patógenos (STONE et al., 2004; PORTO et al., 2016).

O uso de rotação de culturas tem sido inviável, devido à sua heterogeneidade de hospedeiro e capacidade de sobreviver e multiplicar em restos culturais (ALMEIDA et al., 2001). A solarização do solo também tem sido pouco eficiente no controle deste patógeno (BRUTON; WANN, 2004). Após a eliminação do brometo de metila, devido aos efeitos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, o controle de doenças radiculares tornou-se cada vez mais difícil (ISLAM et al 2012; KAUR et al 2012).

No Brasil, não existem fungicidas registrados para este patógeno em meloeiro. Logo, uma alternativa viável para o controle da podridão cinzenta do caule é a utilização de variedades resistentes, por ser um método econômico, ambientalmente correto e de fácil adoção pelo produtor, além do uso de porta-enxerto resistente.

2.3 Reação de acessos de meloeiro e melhoramento visando à resistência a *Macrophomina phaseolina*

Por ser considerado um método menos oneroso e seguro para o ambiente, o uso de cultivares resistente ou porta-enxertos resistentes, no controle de patógenos habitantes do solo como *M. phaseolina*, pode ser utilizado de forma complementar a outros métodos de controle como o uso de agentes biológicos e controle cultural por meio da modificação das condições de pré e pós-plantio, prevenindo a epidemia (MICHHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005; SILVA et al., 2012).

Logo, o primeiro passo para conseguir a resistência é o pré-melhoramento. De acordo com Nass e Paterniani, (2000) trata-se de um conjunto de atividades que visam à identificação de caracteres e/ou genes de interesse, presentes em materiais não adaptados ou que não foram submetidos a qualquer processo de melhoramento, e sua posterior incorporação nos materiais adaptados de elevado valor produtivo. São poucos os trabalhos

realizados visando à identificação de fontes de resistência de cucurbitáceas a *M. phaseolina*. E, dentre as cucurbitáceas, *Cucumis melo* é considerada a espécie mais polimórfica, sendo, portanto, possível inferir sobre a identificação de materiais com níveis de resistência a vários patógenos (VILLADA et al., 2009).

Salari et al. (2012) avaliaram 18 cultivares iranianas de melão contra *M. phaseolina* e outros patógenos habitantes do solo, mas nenhuma das cultivares testadas era imune a todos os fungos patogênicos habitantes do solo. No entanto, duas “Sfidak khatdar” e “Sfidak bekhat” foram moderadamente resistente (MR) para os fungos testados, e ambas mostraram baixos níveis de danos na haste após a infecção com *M. phaseolina*. Ambrósio et al., (2015) estudando a resistência de acessos de melão a *M. phaseolina* em casa de vegetação, verificaram sete acessos altamente resistentes (Ag-15591Ghana, Dud-CUM296Georg, Ag-C38Nig, Can-NYIsr, Con-Pat81Ko, Dud-QPMAfg e Ac-TGR1551Zimb), fontes promissoras para a resistência a esse fungo.

Segundo Siviero et al. (2002) métodos rápidos de avaliação da resistência, como utilização de palitos de madeira consistem em importante etapa da seleção de genótipos superiores nos programas de melhoramento genético. Este método apresenta as seguintes vantagens: i) o inóculo é colocado em contato direto com o tecido hospedeiro, reduzindo a possibilidade de contaminação com outro patógeno; ii) garantia de contato do patógeno com o hospedeiro, reduzindo a possibilidade de escape (SANTOS, 2016). Ambrósio et al., (2015) e Medeiros et al., (2015) mostraram o sucesso deste método em meloeiro à reação de *Macrophomina phaseolina*.

Portanto, a utilização de cultivares resistentes, constitui uma medida estratégica no manejo integrado de doenças; porém, apesar de sua relevância, existem poucos estudos sobre a avaliação da resistência do meloeiro ao fitopatógeno *M. phaseolina*.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2016: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2016.

ALMEIDA, A. M. R.; SARAIVA, O. F.; FARIAS, J. R. B.; GAUDÊNCIO, C.A.; TORRES, E. Survival of pathogen on soybean debris under no-tillage and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p.1231-1238, 2001.

ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; FARIAS J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASE, H.; COSTA, M. C.; GAUDÊNCIA, C. A. *Macrophomina phaseolina* em soja. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

ANDRADE, D. E. G. T.; MICHEREFF, S. J.; BIONDI, C. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; SALES JÚNIOR, R. Frequência de fungos associados ao colapso do meloeiro e relação com características físicas, químicas e microbiológicas dos solos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 31, n. 4, p. 327-333, 2005.

AMBRÓSIO, M. M. Q.; DANTAS, A. C. A.; MARTÍNEZ-PEREZ, E.; MEDEIROS, A. C.; NUNES, G. H. S.; PICÓ, M. B. Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seedling resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Euphytica**, Wageningen, v. 203, n. 2, p. 287-300, 2015.

ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. **Sistema de produção de melão**. Versão eletrônica, 2010. Disponível em <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/mercado.html>>. Acesso em: 27/12/2016.

BAIRD, R.E.; WATSON, C.E.; SCUGGS, M. Relative longevity of *Macrophomina phaseolina* and associated mycobiota on residual soybean roots in soil. **Plant Disease**, v. 87, n. 5, p. 563-566, 2003.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Eds.). **Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 2005. p. 333-349.

BITANCOURT, A. A. Uma nova doença do feijão. **O Biológico**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 41, 1935.

BURGER, Y.; PARIS, H.S.; COHEN, R.; KATZIR, N.; TADMOR, Y.; E. LEWINSOHN, E.; SCHAFFER, A. A. Genetic diversity of *Cucumis melo*. **Horticulture Review**, v. 36, p. 165–198, 2010.

BRUTON, B. D.; WANN, R. Podredumbre de carbón. In: ZITTER, T. A.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. **Plagas y enfermedades de las cucurbitáceas**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2004. p. 9-11.

CARDONA, R. Distribución vertical de esclerocios de *Macrophomina phaseolina* en um suelo infestado naturalmente en el estado Portuguesa. **Revista Facultad de Agronomía**, Maracaibo, v. 23, n. 3, p. 284-291, 2006.

CHIBA, E.Y.K.S.; VECHIATO, M.H.; LASCA, C.C. Efeito do tratamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) com fungicidas no controle de *Macrophomina phaseolina* e na emergência de plântulas. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v. 67, n.1, p. 83-89, 2000.

ETEBARIAN, H. R.; SCOTT, E. S.; WICKS, T. J. Evaluation of *Streptomyces* strains biological control of charcoal stem rot of melon caused by *Macrophomina phaseolina*. **Plant Pathology Journal**, Seul, v. 5, n. 1, p. 83-87, 2006a.

ETEBARIAN, H. R. Evaluation of *Trichoderma* Isolates for Biological Control of Charcoal Stem Rot in Melon Caused by *Macrophomina phaseolina*. **Journal Agricultural Science Technology**, Tehran, v. 8, n. 3, p. 243-250, 2006b.

FARR, D. F.; ROSSMAN, A. Y.; PALM, M. E.; MCCRAY, E. B. **Fungus-host distribution database**. 2010. Disponível em: <<https://nt.ars-grin.gov/fungalDATABASES/>>. Acesso em: 02/06/2016.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. Ed. Viçosa: UFV, 2008.

FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e pratica**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2005.

GUPTA, G. K.; SHARMA, S. K.; RAMTEKE, R. Biology, epidemiology and management of the pathogenic fungus *Macrophominaphaseolina* (Tassi) Goid with special reference to charcoal rot of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Journal of Phytopathology**, v.160, n. 4, p.167-180, 2012.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. Saint Paul: American Phytopathological Society, 1999.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2015 Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em: 12/01/2017.

ISLAM, S.; HAQUE, S.; ISLAM, M. M.; EMDAD, E. M.; HALIM, A.; HOSSEN, Q. M.; HOSSAIN, Z.; AHMED, B.; RAHIM, S.; RAHMAN, S.; ALAM, M.; HOU, S.; WAN, X.; SAITO, J. A.; ALAM, M.; Tools to kill: Genome of one of the most destructive plant pathogenic fungi *Macrophominaphaseolina*. **BMC Genomics**, v.13, p.493-509, 2012.

JEFREY, C. A review of the cucurbitaceae. **Botanic Journal Linneus Society**, v. 81, n.2, p. 233-247, 1980.

KARCHI, Z. Development of melon culture and breeding in Israel. **Acta Horticulture**, The Hague, v. 510, n. 1, p. 13-17, 2000.

KAUR, S.; DHILLON, G. S.; BRAR, S. K.; VALLAD, G. E.; CHAND, R.; CHAUHAN, V. B.; Emerging phytopathogen *Macrophominaphaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic trends. **Critical Reviews in Mycobiology**, v.38, n. 2, p.136-151, 2012.

KERJE, T.; GRUM, M. The origin of melon, *Cucumis melo*: a review of the literature. **Acta Horticulture**, The Hague, v. 510, n. 5, p. 37-44, 2000.

KHAN, S. N. *Macrophominaphaseolina* as causal agent for charcoal rot of sunflower. **Mycopathology**, Nova York, v. 5, n. 2, p. 111-118, 2007.

LUAN, F.; SHENG, Y.; WANG, Y.; STAUB, J.E. Performance of melon hybrids derived from parents of diverse geographic Origins. **Euphytica**, Wageningen, v. 173, n.1, p. 1-16, 2010.

MACHADO, C.C., KIMATI, H. Effect of light on pycnidia formation by *Macrophominaphaseolina* in culture media. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.1, n. 1, p.65-66, 1975.

MARINHO, R. E. M.; SALES JUNIOR, R.; MARACAJÁ, P.B.; SILVA, G. F. Identificação da micoflora associada a raízes de meloeiro nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1, p. 25-28, 2002.

MEDEIROS, A.C.; MELO, D.R.M.; AMBRÓSIO, M.M.Q.; NUNES, G.H.S.; COSTA, J.M. Métodos de inoculação de *Rhizoctoniasolani* e *Macrophominaphaseolina* em meloeiro (*Cucumis melo*). **SummaPhytopathologica**, Botucatu, v.41, n.4, p.281-286, 2015.

MELO, D. R. M. **Métodos de inoculação, reação de acessos e herança da resistência do meloeiro a *Rhizoctoniasolani***. 99f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.

MICHEREFF, S. J. et al. Importância dos patógenos e das doenças radiculares em solos tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005. p. 1-18.

MUCHERO, W.; EHLERS, J.D.; CLOSE, T.J.; ROBERTS, P.A. Genic SNP markers and legume synteny reveal candidate genes underlying QTL for *Macrophominaphaseolina* resistance and maturity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **BMC Genomics**, v.12, n.8, 2011.

MYCOBANK. **Fungal databases nomenclature and species banks**. 2013. Disponível em: <<https://mycobank.org>>. Acesso em: 20/04/2017.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 581-587, 2000.

NDIAYE, M. **Ecology and management of charcoal rot (*Macrophominaphaseolina*) on cowpea in the Sahel**. 114f. PhD Thesis Wageningen University, the Netherlands, 2007.

NECHET, K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Caracterização de isolados de *Rhizoctonia* spp., associados à mela do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), coletados em Roraima. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 505-508, 2006.

NUNES, G. H. S.; MADEIROS, A. E. S.; GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, G. M.; SALES JUNIOR R. Estabilidade fenotípica de híbridos de melão amarelo avaliados no Pólo agrícola Mossoró-Assu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p.1369-1376, 2006.

NUNES, G. H. S.; ARAGÃO, F. A. S.; NUNES, E. W. L. P.; COSTA, J. M.; RICARTE, A. O. **Melhoramento de Melão**. Viçosa: Ed. UFV. Cap. 11 p. 331-363, 2016.

PITRAT, M.; BESOMBLES, D. Inheritance of *Podosphaera xanthii* resistance in melon line '90625'. In: PITRAT, M. **Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae**. Inra: Avignon, 2008. p. 135-142.

PITRAT, M.; HANELT, P.; HAMMER, K. Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon. **Acta Horticulture**, The Hague, v.510, n. 4, p.29-36, 2000.

PORTO, M.A.F.; AMBRÓSIO, M.M.Q.; FREITAS, F.C.L.; NASCIMENTO, S.R.C.; CRUZ, B.L.S.; GUIMARÃES, L.M.S. Jack beans (*Canavalia ensiformis*) in the control of muskmelon root rot caused by pathogen association. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.42, n.4, p. 327-332, 2016.

PURKAYASTHA, S.; KAUR, B.; DILBAGHI, N.; CHAUDHURY, A. Characterization of *Macrophomina phaseolina*, the charcoal rot pathogen of cluster bean, using conventional techniques and PCR based molecular markers. **Plant Pathology**, v.55, p.106–16, 2006.

SALARI M; PANJEHKEH N; NASIRPOOR Z; ABKHOO J. Reaction of melon (*Cucumis melo* L.) cultivars to soil-borne plant pathogenic fungi in Iran. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 87, p.15324-15329, 2012.

SALES JR., R. Secuencia del ataque de patógenos fúngicos a raís de melón. Histopatología de la infección por *Acremonium cucurbitacearum* Alfaro-Gracia, W. Gamset J. Garcia-Jiménez. 199. 204f. Tesis (Doctoral em Fitopatologia) – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1999.

SALES JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, O. F.; MEDEIROS, E. V.; GUIMARÃES, I. M.; CORREIA, K. C. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n.1, p. 195-198, 2012.

SANTOS, A. A.; FREIRE, F. C. O.; LIMA, J. A. A.; CARDOSO, J. E. **Doenças do meloeiro em áreas irrigadas no estado do Ceará**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindustrial Tropical, 2000.

SANTOS, L. S. **Seleção de genótipos de meloeiro para obtenção de linhagens com resistência à *Didymella bryoniae***. 91f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2016.

SEBASTIAN, P.; SCHAEFERB, H.; TELFORD, I.R.H.; RENNER, S.S. Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. **Proceedings National Academy Science**, v. 107, p. 14269–14273, 2010.

SILVA, E. S.; PALANGANA, F. C.; GOTO, R.; FURTADO, E. L.; FERNANDES, D. M. Net melon resistance to *Didymella bryoniae* according to grafting and potassium levels. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 2, p. 139-143, 20

SIVIERO, A.; FURTADO, E. L.; BOAVA, L. P.; BARBASSO, D. V.; MACHADO, M. A. Avaliação de métodos de inoculação de *Phytophthora* parasita em plântulas e plantas jovens de citrus. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 574- 580, 2002.

STONE, A. G.; SCHEUERELL, S. J.; DARBY, H. M. Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems: organic matter management, cover cropping, and other cultural practices. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. **Soil organic matter in sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004.

TAVARES, S. H. C. C. **Melão: Produção. Aspectos técnicos**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

VIANA, F. M. P. **Influência de fatores físicos e de matéria orgânica na germinação de microescleródios de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich**. 100f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

VILLADA, E. S.; GONZÁLEZ, E. G.; LÓPEZ-SESÉ; CASTIEL, A. F.; GÓMEZ-GUILLAMÓN, M. L. Hypersensitive response to *Aphis gossypii* Glover in melongenotypes carrying the Vat gene. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 11, p.3269-3277, 2009.

WATSON, A.; NAPIER, T. Disease of cucurbit vegetables. **Primefact**, v.8, n. 32, p.1-6, 2009.

YANG, X. B.; NAVI, S. S. First report of charcoal rot epidemics caused by *Macrophomina phaseolina* in soybean in Iowa. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 5, p. 526, 2005

CAPÍTULO II

REAÇÃO DE GENÓTIPOS E HERANÇA DA RESISTÊNCIA A *Macrophomina phaseolina* EM MELOEIRO

RESUMO

Muitos estresses bióticos têm contribuído para a redução da produtividade e da qualidade dos frutos, tais como a ocorrência de doenças, destacando-se a podridão cinzenta, causada pelo patógeno habitante do solo *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid.). Uma das alternativas viáveis para o controle deste fungo é a utilização de cultivares resistentes ou, porta-enxertos resistentes. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a reação de acessos e a herança da resistência a *M. phaseolina* em meloeiro. Foi avaliada a reação de 45 acessos de meloeiro em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso com uma planta. Realizou-se o semeio dos materiais diretamente nos vasos, contendo substrato comercial esterilizado. A inoculação do patógeno foi realizada por meio da inserção direta do palito, contendo estruturas do fungo próximo ao colo da planta, aos 20 dias após a semeadura. Aos quinze dias após a inoculação do fungo, as plantas foram avaliadas quanto à severidade utilizando uma escala de notas (0: ausência de sintomas a 5: mais do que 50% dos tecidos infectados). No segundo experimento, investigou-se a herança da resistência do acesso Ag-15591Ghana (resistente) cruzado com In-PsPiñSp (suscetível). Observou-se a existência de variabilidade no germoplasma investigado para reação ao fungo. O acesso Ag-15591Ghana é moderadamente resistente a *M. phaseolina* e sua resistência é controlada por um gene maior de efeito aditivo e dominante e poligenes de efeitos aditivos.

Palavras-chaves: *Cucumis melo*. Podridão cinzenta. Germoplasma. Controle genético.

REACTION OF GENOTYPES AND RESISTANCE HERITAGE *Macrophomina phaseolina* IN MUSKMELON

ABSTRACT

Many biotic stresses have contributed to the reduction of productivity and fruit quality, such as the occurrence of diseases such as gray rot, caused by the soil pathogen *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid.). One of the viable alternatives for the control of this fungus is the use of resistant cultivars or resistant rootstocks. The objective of the present work was to evaluate the access reaction and the inheritance of resistance to *M. phaseolina* in melon. It was evaluated the reaction of 45 accessions of melon in greenhouse, in a completely randomized design with five replicates. The experimental unit consisted of a vessel with a plant. Sowing of the materials was carried out directly in the vessels, containing sterilized commercial substrate. The inoculation of pathogen was carried out by means of the direct insertion of the toothpick, containing structures of the fungus near the plant colon at 20 days after sowing. On the fifteenth day after inoculation of the fungus, the plants were evaluated for severity using a grading scale (0: absence of symptoms at 5: more than 50% of infected tissues). In the second experiment, the inheritance of Ag-15591Ghana (resistant) cross-resistance was investigated with In-PsPiñSp (susceptible). It was observed the existence of variability in the germplasm investigated for reaction to the fungus. Ag-15591Ghana access is moderately resistant to *M. phaseolina* and its resistance is controlled by a major gene of additive and dominant effect and polygenes of additive effects.

Key Words: *Cucumis melo*. Gray rot. Germplasm. Genetic control.

1 INTRODUÇÃO

Pertencente à família das Cucurbitaceae, o melão (*Cucumis melo* L.) teve como prováveis centros de origem a África e Ásia. No Brasil, foi introduzido pelos escravos no século XVI (NAKAMEA, 2004). A Região Nordeste é a principal produtora de melão do Brasil, contribuindo com mais de 90% da produção nacional, tendo como principais estados produtores o Ceará e o Rio Grande do Norte (ALICEWEB/MDIC, 2016). Nestas regiões existem condições climáticas favoráveis a seu cultivo o ano todo, contribuindo para uma alta qualidade, favorecendo a aparência e o sabor (CAMARGO et al, 2008).

Não obstante o sucesso da cultura, muitos estresses de natureza biótica contribuem para a redução da produtividade e qualidade dos frutos, dentre os quais se destacam as doenças causadas por fungos habitantes do solo (NUNES et al., 2016). Dentre as doenças, a podridão cinzenta, causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid.) tem aumentado a incidência e a severidade da doença nos últimos anos (SALES JÚNIOR et al., 2012). *M. phaseolina* pode causar uma série de sintomas, tais como tombamento, branqueamento de caules, podridão de raiz e caule, queima das folhas, murchamento da planta e até a morte (WATSON; NAPIER 2009).

O controle deste fungo é difícil de ser realizado, por possuir estrutura de resistência e ampla gama de hospedeiros (KAUR et al 2012) e, após a eliminação do brometo de metila no Brasil, seu controle tornou-se cada vez mais difícil (ISLAM et al 2012;. KAUR et al 2012). Não há fungicidas registrados para este patógeno no meloeiro. O uso de fungicidas além de ser ineficiente e antieconômico, causa contaminação do ambiente e destruição da microflora não alvo (KUMAR et al., 2012).

Uma das alternativas viáveis ao controle destes fungos é a utilização de variedades resistentes, pois apresenta baixo custo, fácil uso, alta eficácia e por ser ecologicamente desejável (SILVA et al., 2014), além do uso como porta-enxerto proporcionando um melhor desenvolvimento radicular e maior rusticidade (NOMURA, 1989). Neste sentido, o rastreio de germoplasma para resistência a este fungo é necessário para identificar fontes úteis e assim controlá-lo, pois não existem relatos de cultivares comerciais resistentes a estes fungos (AMBRÓSIO et al., 2015).

Poucos são os estudos relacionados a fontes de resistência desse fungo. Ambrósio et al., (2015) estudando a resistência de acessos de melão a *M. phaseolina* em casa de vegetação, verificaram sete acessos altamente resistentes, (Ag-15591Ghana, Dud-CUM296Georg, Ag-C38Nig, Can-NYIsr, Con-Pat81Ko, Dud-QPMAfg e Ac-

TGR1551Zimb), fontes promissoras para a resistência a esse fungo. Salariet al. (2012) verificaram que duas variedades crioulas (Sfidak khatdar e Sfidak bekhat) foram moderadamente resistentes (MR) e, ambas mostraram baixos níveis de danos da haste após a infecção com *M. phaseolina*.

Após a identificação de fontes de resistência no germoplasma, o próximo passo é entender o controle genético da resistência. O controle genético depende de duas coisas: fonte de resistência e *background* do genitor suscetível. As informações da herança da resistência são necessárias para facilitar a introgressão de alelos de resistência em genótipos comerciais e, por conseguinte, subsidiar a utilização dos recursos genéticos e para ampliar a base genética dos programas de melhoramento de plantas (ALBUQUERQUE; NASS, 2008). Não há relatos na literatura envolvendo a herança da resistência a *M. phaseolina* em meloeiro.

Diante dessas considerações, o presente trabalho teve como objetivo identificar fontes de resistência e estudar a herança da resistência do acesso Ag-15591Ghanaa *M. phaseolina* em meloeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Germoplasma

Foram avaliados 46 acessos pertencentes à coleção ativa de germoplasma da UFERSA, sendo 34 acessos coletados em pequenas propriedades e feiras do Nordeste brasileiro, duas cultivares e, os demais originários de outros países, e já relatados como resistentes a *M. phaseolina* (Tabela 1).

Tabela 1. Acessos de meloeiro avaliados para reação ao fungo *Macrophomina phaseolina*. Mossoró, UFERSA, 2018.

Acesso	Origem	Acesso	Origem
A-01	Brasil	A-35	Brasil
A-02	Brasil	A-36	Brasil
A-04	Brasil	A-37	Brasil
A-05	Brasil	A-39	Brasil
A-07	Brasil	A-41	Brasil
A-08	Brasil	A-42	Brasil
A-10	Brasil	A-43	Brasil
A-11	Brasil	A-44	Brasil
A-12	Brasil	A-45	Brasil
A-14	Brasil	A-51	Brasil
A-15	Brasil	A-52	Brasil
A-16	Brasil	Ag-15591Ghana	Gana
A-19	Brasil	Con-Pat81Ko	Coréia
A-22	Brasil	Ag-C38Nig	Nigéria
A-23	Brasil	In-PsPiñSp	Espanha
A-25	Brasil	Dud-QMPAfg	Afeganistão
A-26	Brasil	Can-NYIsr	Israel
A-27	Brasil	PI 313970	Índia
A-28	Brasil	PI 124111	Índia
A-29	Brasil	PI 124112	Índia
A-30	Brasil	PI 414723	Índia
A-32	Brasil	‘Iracema’	Sakata®
A-33	Brasil	‘Olimpic’	Sakata®

Para o estudo de herança, o acesso Ag-15591Ghana foi utilizado como genitor resistente e o acesso In-PsPiñSp como genitor suscetível, por possuir fenótipos desejáveis

ao mercado externo. O Ag-15591Ghana pertence ao grupo *agrestis*, originário de Gana e são conhecidos popularmente como melão silvestre. Possuem frutos pequenos, ovalados, com listras verdes escuras e baixo teor de sólidos solúveis (< 5 °Brix). O acesso In-PsPiñSp pertence ao grupo *inodorus* e ao tipo Pele de Sapo. Seu fruto tem massa média de 2,8 kg, formato oval, mesocarpo de coloração verde claro e, elevado teor de sólidos solúveis (>11 °Brix). A partir desses genitores foram obtidas as gerações F₁, F₂ e o retrocruzamento RC₁ (F₁ x In-PsPiñSp).

Os cruzamentos iniciaram com o florescimento, sendo nas primeiras horas do dia, pois de acordo com Oliveira (2009) neste momento ocorre a antese e, os grãos de pólen atingem cerca de 90% de germinação. Na tarde anterior à antese, as flores aptas à polinização foram selecionadas e cobertas com copos de poliestireno. As flores hermafroditas foram emasculadas para evitar autopolinização. Utilizou-se a relação de três flores masculinas para cada feminina emasculada. Após a polinização, as flores foram identificadas com lã, protegidas novamente com os copos e, posteriormente, eliminados com o desenvolvimento do fruto. Para evitar possíveis contaminações, as mãos foram desinfestadas com álcool 70%, antes do procedimento.

A colheita da geração F₁ foi realizada de acordo com o ciclo da cultura. Posteriormente, as sementes foram extraídas, lavadas em água corrente e postas para secar naturalmente. As plantas da geração F₁ foram autofecundadas para obtenção da geração F₂ e, retrocruzadas com o genitor In-PsPiñSp para obtenção da geração RC₁, obedecendo à mesma metodologia.



Figura 1. Frutos dos genitores utilizados nos estudos da herança para resistência a *Macrophomina phaseolina*. Mossoró, UFERSA, 2018.

2.2 Sementes

As sementes dos dois ensaios passaram por um processo de seleção, onde as que apresentaram danos foram descartadas. As selecionadas foram desinfestadas com NaClO a 1,5% por dois minutos e lavadas em água corrente. Posteriormente foram postas em placas de Petri com algodão e papel filtro umedecidos com água destilada e, envolvidas em papel alumínio para serem colocadas em estufa por 24 horas a 37 °C.

Aproximadamente sete dias após a saída da estufa foi realizado o transplante para vasos plásticos com 0,4 kg de capacidade, contendo substrato comercial (Tropstrato® HT Hortaliças) a base de casca de pinus, turfa, vermiculita expandida, enriquecido com macro e micronutrientes. O substrato foi previamente esterilizado em autoclave a 121 °C, por dois dias consecutivos, sendo uma hora por dia.

2.3 Preparo do inóculo

Utilizou-se o isolado patogênico Me-248, por ser agressivo (MEDEIROS et al., 2015), coletado de raízes e colos de meloeiro com sintomas de podridão radicular, de área produtora de melão em Mossoró-RN, preservado na coleção de culturas de fungos do laboratório de Fitopatologia, do setor de Fitossanidade da UFERSA. Foi realizado teste para comprovar a patogenicidade do fungo. O isolado foi multiplicado realizando-se a repicagem para meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA) + antibiótico (tetraciclina - 0,05 g L⁻¹) e mantido em estufa tipo B.O.D (Biochemistry Oxygen Demand) a 28 ± 2°C por cinco dias.

Foram retirados cinco discos (5 mm de diâmetro) contendo estruturas do fungo e, repicados para placas de Petri contendo meio de cultura BDA e pontas de palitos de dente (1,5 cm), inseridas verticalmente em um disco de papel de filtro com a parte afilada dos palitos voltada para cima, os quais foram previamente esterilizados a 121°C em autoclave por 30 minutos (YORINORI, 1996). O isolado foi incubado em estufa tipo B.O.D. a 28 ± 2°C por sete dias, até a completa colonização dos palitos.



Figura 2. Discos de micélio de *Macrophomina phaseolina* colonizando palitos de dente. Mossoró, UFERSA, 2018.

2.4 Inoculação e avaliação

Nos dois experimentos, a inoculação do patógeno *M. phaseolina* foi realizada 20 dias após o transplante (no surgimento da segunda folha definitiva), por meio da inserção direta do palito no caule próximo ao colo da planta, formando um ângulo aproximado de 45° para melhor fixação do palito (AMBRÓSIO et al., 2015). Na testemunha foram inseridos palitos esterilizados sem inóculo (VERZIGNASSI et al., 2004).



Figura 3. Inoculação pelo método do palito em planta de melão. Mossoró, UFERSA, 2018.

Aos 15 dias após a inoculação, os acessos foram avaliados quanto à severidade da doença utilizando a escala de notas de (0 a 5), em que, 0: assintomática, 1: menos de 3% de tecidos infectados, 2: 3-10% dos tecidos infectados, 3: 11-25% de tecidos infectados, 4: 26-50% de tecidos infectados e 5: mais que 50% dos tecidos infectados (AMBRÓSIO et al., 2015) (Figura 4).



Figura 4. Escala de notas da severidade da doença. Mossoró, UFERSA, 2018.

A gravidade média da doença foi calculada para cada acesso e classificada em cinco classes de reação: 0: imune (I); 0,1-1,0: altamente resistente (AR); 1,1-2,0: moderadamente resistente (MR); 2,1-4,0: suscetível (SU) e 4,1-5,0: altamente suscetível (AS) (SALARI et al., 2012).

Após a avaliação, as plantas que apresentaram sintomas foram levadas ao laboratório para isolamento do fungo e confirmação da presença de *M. phaseolina* nas lesões. Para isso, foram retirados fragmentos da área entre o tecido doente e o sadio, realizado a desinfestação superficial em álcool 70%, por 30 segundos e hipoclorito de sódio a 2,0% por um minuto, e lavados em água destilada esterilizada. Fragmentos foram transferidos para placas de Petri contendo meio de cultura BDA + tetraciclina (0,05g/l). Após cinco dias, as placas foram analisadas por meio de microscopia óptica e, confirmada a presença do fungo pela sua caracterização morfológica.

2.5 Delineamento experimental

Os dois ensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Para a avaliação dos acessos, a parcela consistiu de um vaso com uma planta, sendo cinco repetições por tratamento mais uma repetição representando a testemunha (sem inóculo). No caso do estudo da herança, a parcela foi formada de acordo com as populações utilizadas em razão da variabilidade genética esperada. A parcela dos genitores e da F₁ foi constituída por 10 vasos com uma planta, para geração F₂, 208 plantas e para o RC₁₁, 60 plantas.

2.6 Análises estatísticas

Para a avaliação da reação de genótipos, os dados da reação dos genótipos foram avaliados de acordo com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível nominal de significância de 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$). A análise foi realizada utilizando o Software R, Versão 2.10.1. (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

Para o estudo da herança, modelos genéticos foram testados usando a máxima verossimilhança em misturas de funções de densidade normal conforme descrito por Silva (2003). As distribuições de cada uma das populações foram às seguintes:

$$P_1: N(\mu - [a] - A, \sigma^2);$$

$$P_2: N(\mu - [a] + A, \sigma^2);$$

$$F_1: N(\mu - [d] - D, \sigma^2);$$

$$F_2: \frac{1}{4}N\left(\mu + \frac{[d]}{2} - A, \sigma^2 + V_A + V_D\right) + \frac{1}{2}N\left(\mu + \frac{[d]}{2} + D, \sigma^2 + V_A + V_D\right) + \frac{1}{4}N\left(\mu + \frac{[d]}{2} + A, \sigma^2 + V_A + V_D\right);$$

$$RC_{11}: \frac{1}{2}N\left(\mu + \frac{[a]}{2} + \frac{[d]}{2} - A, \sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D - S_{AD}\right) + \frac{1}{2}N\left(\mu - \frac{[a]}{2} + \frac{[d]}{2} + D, \sigma^2 + \frac{V_A}{2} + V_D - S_{AD}\right)$$

Em que:

μ : constante de referência;

A: efeito aditivo de gene de efeito maior;

D: efeito de dominância do gene de efeito maior;

[a]: componente poligênico aditivo;

[d]: componente poligênico de dominância;

V_A : variância aditiva;

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

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

σ^2 : variância ambiental.

As funções de densidade para RC_{11} são constituídas pela mistura de duas densidades normais e F_2 por uma mistura de três distribuições normais. A partir das funções de verossimilhança para cada modelo, foi possível compor testes de interesse, considerando diferentes hipóteses.

Na construção do modelo genético foi considerado como o modelo mais geral aquele que apresenta a existência de gene de efeito maior mais poligenes com efeitos aditivos e de dominância e variâncias ambientais iguais em todas as gerações (Tabela 2). Admitiram-se ainda genes independentes (tanto poligenes como de efeito maior). A partir das funções de verossimilhança para cada modelo, foi possível compor testes de interesse, considerando diferentes hipóteses.

Os testes de verossimilhança foram realizados por meio da estatística LR. De maneira geral, a estatística LR é dada por: $LR = -2 \ln \frac{L(M_i)}{L(M_j)}$, em que $L(M_i)$ e $L(M_j)$ são as funções de verossimilhança dos modelos i e j; em que o modelo i deve estar hierarquizado ao modelo j. Os testes foram realizados utilizando o *software* estatístico Monogen v.0.1 (SILVA, 2003).

Tabela 2. Modelos de herança utilizados pelo programa Monogen v.0.1. Mossoró-RN, 2018.

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

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação da reação dos acessos a *Macrophomina phaseolina*

Observou-se efeito significativo de genótipos pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($\chi^2 = 87,14$; $p < 0,01$) (Tabela 3), demonstrando a existência de variabilidade no germoplasma investigado para a reação ao fungo *M. phaseolina*.

Tabela 3 - Reação de acessos de meloeiro ao fungo *Macrophomina phaseolina* em Mossoró-RN. Mossoró, UFERSA, 2018.

Acesso	Média	Reação ⁺	Acesso	Média	Reação ⁺
Ag-15591Ghana	1,1	MR	A-36	4,4	AS
A-33	2,2	SU	A-01	5,0	AS
A-52	2,2	SU	A-02	5,0	AS
PI313970	2,2	SU	A-05	5,0	AS
Ag-C38Nig	2,6	SU	A-07	5,0	AS
A-43	3,0	SU	A-08	5,0	AS
A-11	3,4	SU	A-10	5,0	AS
A-51	3,4	SU	A-12	5,0	AS
A-39	3,6	SU	A-22	5,0	AS
A-19	3,8	SU	A-23	5,0	AS
A-28	3,8	SU	A-25	5,0	AS
A-29	4,0	SU	A-26	5,0	AS
A-32	4,0	SU	A-27	5,0	AS
A-41	4,0	SU	A-30	5,0	AS
A-45	4,0	SU	A-35	5,0	AS
Con-Pat81Ko	4,0	SU	A-37	5,0	AS
‘Iracema’	4,0	SU	A-42	5,0	AS
Dud-QMPAfg	4,1	AS	A-44	5,0	AS
A-04	4,2	AS	In-sPiñSp	5,0	AS
A-15	4,2	AS	PI124111	5,0	AS
A-16	4,2	AS	PI124112	5,0	AS
‘Olimpic’	4,2	AS	PI414723	5,0	AS
A-14	4,4	AS	Can-NYIsr	5,0	AS

$$\chi^2 = 87,14^{**}$$

**Significativo pelo teste de Qui-quadrado (χ^2) ($p < 0,01$); ⁺Classes de reação: (AR) altamente resistente [0,1-1,0], (MR) moderadamente resistente [1,1-2,0], (SU) suscetível [2,1-4,0] e (AS) altamente suscetível [4,1-5,0] (SALARI et al., 2012).

A maioria dos materiais foi altamente suscetível (63%) com médias entre 4,1 a 5 (Tabela 3). O segundo maior grupo de acessos foi suscetível (35%), com médias no intervalo de 2,1 a 4,0. Não foram encontrados acessos imunes nem altamente resistentes dentre os materiais avaliados neste estudo. Apenas o acesso Ag-15591Ghana foi moderadamente resistente (Tabela 3), com baixos níveis de danos no caule (média de 1,1). Estes resultados evidenciam a dificuldade em identificar fontes com elevados níveis de resistência a *M. phaseolina* em germoplasma de meloeiro, provavelmente devido ao processo de patogênese exercido, pois com a infecção ocorre a formação de estruturas somáticas produtoras de enzimas, metabólicos tóxicos e substâncias que induzem a síntese de etileno no hospedeiro (DOMSCH et al., 1980), com isso a atividade metabólica das células aumenta e ocorre maior predisposição à infecção (NORONHA et al. 2006).

Poucos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de identificar genótipos de meloeiro resistentes ao fungo *M. phaseolina*. Avaliando sete variedades crioulas iranianas, Salari et al. (2012) identificaram duas moderadamente resistentes ('Sfidak khatdar' e 'Sfidak bekhat') com níveis intermediários de danos da haste após a infecção com *M. phaseolina*, sendo assim potencialmente resistentes. Ambrósio et al. (2015) estudando a resistência de acessos de melão a *M. phaseolina* em casa de vegetação, e utilizando o mesmo isolado (Me-248) verificaram sete acessos altamente resistentes Ag-15591Ghana, Dud-CUM296Georg, Ag-C38Nig, Can-NYIsr, Con-Pat81Ko, Dud-QPMAfg e Ac-TGR1551Zimb). Seis desses acessos foram avaliados no presente trabalho, sendo classificados como moderadamente resistentes (Ag-15591Ghana), suscetíveis (Ag-C38Nig e Con-Pat81Ko) e altamente suscetíveis (In-sPiñSp, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg).

Entre as possíveis explicações para resultados discrepantes estão as condições ambientais, em especial a temperatura e a umidade relativa do ar. Na Espanha, no período avaliado, a temperatura média foi de 28°C e a umidade relativa do ar média de 65%, enquanto no Brasil a temperatura média foi 34,5°C e umidade relativa do ar média foi 38,4°C. O fungo *M. phaseolina* é adaptado às regiões com clima quentes e secos (COHEN et al., 2016). Assim sendo, as condições presentes no semiárido brasileiro são mais favoráveis a ocorrência da podridão cinzenta, assim como, da virulência do patógeno. Ressalta-se que o fungo *M. phaseolina* é um dos mais isolados em plantas de meloeiro provenientes das principais regiões produtoras dos Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte (MARINHO et al., 2002).

O acesso Ag-15591Ghana é o mais promissor para futuros programas de melhoramento genético. O referido acesso é procedente de Gana, pertence ao grupo

agrestis e possui frutos pequenos, ovalados com listras verdes escuro. Mesmo com a baixa qualidade dos frutos (<5 °Brix), acessos resistentes podem ser utilizados como fontes de resistência genética em programas de melhoramento genético visando obter genótipos resistentes (SALES JUNIOR et al. 2015). Em meloeiro, há relatos de sucesso do uso de germoplasma com reduzida qualidade para a obtenção de cultivares resistentes a diferentes tipos de patógenos como *Podosphaera xanthii* e *Golovinomyce sorontii* (McCREIGHT et al., 2012; NUNES et al., 2016), *Fusarium oxysporum* (OUMOULOU et al., 2013) e vários vírus como ZYMV, CMV e WMV (EKBIC et al., 2010).

Também existe a possibilidade de uso do acesso Ag-15591Ghana como porta-enxerto. A técnica da enxertia possibilita evitar o contato entre planta suscetível e solo contaminado, utilizando porta-enxertos resistentes, sendo uma importante opção para o manejo de patógenos radiculares (GOTO et al., 2003). O número de cultivos com mudas de melão e melancia enxertadas tem aumento em todo o mundo (LEE et al., 2010), especialmente em Israel (COHEN et al., 2016). Neste país, resultados promissores contra *M. phaseolina* foram obtidos por Cohen et al. (2012). Os autores citados verificaram que a podridão cinzenta em plantas enxertadas diminuiu em 80%. No Brasil, a técnica da enxertia não tem sido muito utilizada, mas há indicação para uso em um futuro próximo.

Deve-se considerar que nem todas as espécies apresentam características morfofisiológicas que possibilitam a enxertia e, entre as hortaliças, somente as das Famílias Solanaceae (tomate, pimentão e berinjela) e Cucurbitaceae (melancia, melão, pepino e abóbora) são enxertadas (PEIL, 2003). De acordo com King et al. (2010), o meloeiro pode ser enxertado sobre porta-enxertos pertencentes a algumas espécies de cucurbitáceas e, ao próprio melão. O uso de porta-enxertos resistentes representa potencialmente o principal instrumento de prevenção de doenças na cultura do meloeiro causadas por patógenos habitantes do solo (MARTIGNONI et al., 2011).

3.2 Herança da resistência do acesso Ag-15591Ghana a *M. phaseolina*

O teste de máxima verossimilhança trabalha com modelos hierarquizados (SILVA, 2003). O confronto entre os modelos 2 vs 4 avalia a presença do efeito de dominância no gene maior. Verificou-se que o referido efeito foi significativo (Tabela 4).

Tabela 4. Testes de hipóteses de modelos genéticos hierárquicos em estudo de herança da resistência do acesso Ag-15591Ghanaa *Macrophomina phaseolina*. Mossoró, UFERSA, 2018.

Teste entre modelos*	Graus de liberdade	χ^2_c	Probabilidade
2 vs. 4	1	140,01	0,000
2 vs. 6	2	204,63	0,000
2 vs. 7	2	20,02	0,000
2 vs. 8	3	205,43	0,000
2 vs. 9	4	205,71	0,000
4 vs. 6	1	64,61	0,000
4 vs. 8	2	65,41	0,000
4 vs. 9	3	65,70	0,000
6 vs. 9	2	1,08	0,581
7 vs. 8	1	185,35	0,000
7 vs. 9	2	185,63	0,000
8 vs. 9	1	**	**

*Testes de razão de verossimilhança, feitos por meio da estatística LR, com o programa estatístico Monogen v. 0.1 (Silva, 2003). **Valor negativo, talvez devido a problemas de convergência.

Assim sendo, utilizou-se o modelo 2, composto por gene maior com efeito aditivo e de dominância (μ , A, D) e poligenes com efeito aditivo ($[a]$, V_A , σ^2) para verificar a presença dos efeitos de gene maior e poligenes na herança do caráter reação do meloeiro a *M. phaseolina*.

Observou-se a presença de gene maior com efeitos aditivos e de dominância no controle genético da resistência a *M. phaseolina* ao se confrontar os modelos 2 (Gene maior com efeitos aditivo e de dominância + poligenes com efeitos aditivos) com o modelo 6 (Poligenes com efeito aditivo).

O teste entre os modelos 2 (Gene maior com efeitos aditivo e de dominância + poligenes com efeitos aditivos) vs 7 (Gene maior com efeitos aditivo e de dominância) verifica a presença de poligenes de efeitos aditivos no controle genético do caráter em questão. Também se verificou a presença de poligenes com efeitos aditivos.

Assim sendo, constata-se que a herança da resistência no acesso Ag-15591Ghana não é simples, uma vez que envolve a presença de poligenes. Um aspecto importante é que

estão envolvidos no gene maior os efeitos aditivos e dominância. Esse é o primeiro trabalho que se propôs a estudar a herança da resistência a *M. phaseolina* em meloeiro. A informação obtida será muito útil nas etapas subsequentes do programa de melhoramento genético.

Do ponto de vista pragmático, a presença de um gene de efeito maior na herança é uma condição favorável uma vez que permite que parte da resistência possa ser transferida por processos simples, como retrocruzamentos. Por outro lado, a presença de poligenes é desfavorável, pois quando a herança é poligênica geralmente é muito influenciada pelo ambiente, resultando em herdabilidade reduzida ou mediana. No entanto, é possível a introgressão de alelos de resistência e obtenção de linhagens resistentes e com frutos de elevada qualidade. Em um programa de melhoramento visando obter genótipos resistentes a *M. cannonballus* a partir do acesso Con-Pat81Ko, Fita et al. (2009) obtiveram, por retrocruzamento, linhagens resistentes com *background* tipo Pele de Sapo. O acesso Con-Pat81Ko pertence ao grupo *conomon* e possui frutos de baixa qualidade.

4 CONCLUSÃO

O acesso Ag-15591Ghana é moderadamente resistente a *Macrophomina phaseolina* e sua resistência é controlada por um gene de efeito maior aditivo e dominante e poligenes de efeitos aditivos, nas condições de Mossoró.

REFERÊNCIAS

ALICEWEB/MDIC - **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior/Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. 2016. Disponível em: <<https://aliceweb.mdic.gov.br/index/home>>. Acesso em: 17/01/2017.

ALBUQUERQUE, A. C.; NASS, L. L. **Informe nacional sobre a situação dos recursos fitogenéticos para a alimentação e a agricultura do Brasil**. Brasília: MAPA, 2008. cap. 5, 155 p .

AMBRÓSIO, M. M. Q.; DANTAS, A. C. A.; MARTÍNEZ-PEREZ, E.; MEDEIROS, A. C.; NUNES, G. H. S.; PICÓ, M. B. Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seed ling resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Euphytica**, Holanda, v. 206, n. 2, p. 287-300, 2015.

CAMARGO, A.M.M. P.; CAMARGO, F. P.; CAMARGO FILHO, W. P. Distribuição Geográfica da Produção de Hortaliças no Estado de São Paulo: participação no País, concentração regional e evolução no período 1996-2006. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.1, p.28-35, 2008.

COHEN, R.; TYUTYUNIK, J.; FALLIK, E.; OKA, Y.; TADMOR, Y.; EDELSTEIN, M. Phytopathological evaluation of exotic watermelon germplasm as a basis for rootstock breeding. **Scientia Horticulturae**, v. 165, p. 203-210, 2016.

DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of Soil Fungi**. 2ed. London:Academic Press, 1980.

ECKBIC, E.; FIDAN, H.; YILDIZ, M.; ABAK, K. Screening of Turkish accessions for resistance to ZYMV, WMV and CMV. **Notulae Scientia Biologicae**, Cruj-Napoca, v. 2, n. 1, p.55-57, 2010.

FITA, A.; PICÓ, B.; DIAS, R. C. S.; NUEZ, F. ‘Piel de Sapo’ Breeding Lines Tolerant to Melon Vine Decline. **HortScience**, v. 44, n. 5, p. 1458-460. 2009.

GOTO, R; SANTOS, H. S; CAÑIZARES, A. L. **Enxertia em Hortaliças**. 1ª ed. UNESP:São Paulo, 2003.

ISLAM, S.; HAQUE, S.; ISLAM M. M.; EMDAD, E. M.; HALIM, A.; HOSSEN, Q. M.; HOSSAIN, Z.; AHMED, B.; RAHIM, S.; RAHMAN, S.; ALAM, M.; HOU, S.; WAN, X.; SAITO, J. A.; ALAM, M.; Tools to kill: Genome of one of the most destructive plant pathogenic fungi *Macrophomina phaseolina*. **BMC Genomics**, v.13,p.493-509, 2012.

- KAUR, S.; DHILLON, G. S.; BRAR, S. K.; CHAUHAN, V. B. Carbohydrate degrading enzyme production by plant pathogenic mycelia and microsclerotia isolates of *Macrophomina phaseolina* through koji fermentation. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.36 p.140-148, 2012.
- KING, S. R.; DAVIS, A. R.; ZHANG, X.; CROSBY, K. 2010. Genetics, breeding and selection of root stocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p.106-111, 2010.
- LEE, J. M.; KUBOTA, C.; TSAO, S. J.; BIE, Z.; ECHEVARRIA, P. H.; MORRA, L.; ODA, M.. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. **Scientia Horticultura**, v.127, p.93-105, 2010.
- MARINHO, R. E. M.; SALES JUNIOR, R.; MARACAJÁ, P.B.; SILVA, G. F. Identificação da micoflora associada a raízes de meloeiro nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1, p. 25-28, 2002.
- MARTIGNONI D; REDA R; ALEANDRI MP; CHILOSI G. Evaluation of response of a melon rootstock to mycorrhization with the AM *Glomus intraradices* in nursery. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETABLE GRAFTING. **Viterbo**. Viterbo: Università Degli StudidellaTuscia, 2011.p. 77.
- McCREIGHT, J.D.; COFFEY, M.; SEDLAKOVA, B.; LEBEDA, A. Cucurbit powdery of melon incited by *Podosphaera xanthii*: Global and western U.S. perspectives. **Cucurbitaceae 2012, Proceedings of the Xth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae** (eds. Sari, Solmaz and Aras) Antalya (Turkey), October 15-18th, 2012.
- MEDEIROS, A. C.; MELO, D. R. M.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; NUNES, G. H. S.; COSTA, J. M. Métodos de inoculação de *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina* em meloeiro (*Cucumis melo*). **SummaPhytopathologica**, Botucatu, v.41, n.4, p.281-286, 2015.
- NAKAMEA, I.J. **Agrianual – anuário da agricultura brasileira**. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2004.
- NOMURA, Y. Differences in *Fusarium oxysporium* f. sp. *lagenariae* wilt occurrence between cucumber plants grafted on pumpkin rootstock and non-grafted pumpkin plants. **Proceeding of the Association for Plant Protection of Kyushu**, v. 35, p. 30-33, 1989.

NORONHA, M. A.; MICHEREFF, S. J.; XAVIER FILHA, M. S.; MOREIRA, P.A. A.; REIS, A.; SALES JR., R. Avaliação da resistência a *Myrothecium roridum* em genótipos de meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Vitória da conquista, v.24 , n. 4, p. 495-498 , 2006.

NUNES, G. H. S.; ARAGÃO, F. A. S.; NUNES, E. W. L. P.; COSTA, J. M.; RICARTE, A. O. **Melhoramento de Melão**. Viçosa: Ed. UFV. Cap. 11 p. 331-363, 2016.

OLIVEIRA, S.K. L. **Viabilidade e armazenamento de grãos de pólen de cultivares de meloeiro** (*Cucumis melo* L.). 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2009.

OUMOULOU, A.; EL-OTMANI, M.; CHIKH-ROUHO, H.; GARCÉS CLAVER, A.; GONZÁLEZ TORRES, R.; PERL-TREVES, R.; ÁLVARES, J.M.A. Breeding melon for resistance to Fusarium wilt: recent developments. **Euphytica**, v. 192, n.1, p. 192:155-169, 2013.

PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1169-1177, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. 2015. Disponível em: <<https://www.Rproject.org>. 2015>.

SALARI, M; PANJEHKEH, N; NASIRPOOR, Z; ABKHOO J. Reaction of melon (*Cucumis melo* L.) cultivars to soil-borne plant pathogenic fungi in Iran. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. p.15324-15329, 2012.

SALES JÚNIOR, R.; NUNES, G. H. S.; SILVA, K. J. P.; COSTA, G. G.; GUIMARÃES, I. M.; MICHEREFF, S. J. Caracterização morfológica de fontes de resistência de meloeiro a *Rhizoctonia solani*. **Horticultura Brasileira**, Vitória da conquista, v. 33, n. 2, p. 196-202, 2015.

SALES JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, O. F.; MEDEIROS, E. V.; GUIMARÃES, I. M.; CORREIA, K. C. Ervas daninhas como hospedeiras alternativas de patógenos causadores do colapso do meloeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p. 195-198, 2012.

SILVA, J. A.; OLIVEIRA, M. G.; SOUZA, L. T.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. A.; MICHEREFF, S. J. 2014. Reação de genótipos de feijão-fava a *Sclerotium rolfsii*. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.32, n. 1, p.98-101, 2014.

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

VERZIGNASSI, J. R.; VIDA, J. B.; GASPAROTTO, F.; CORTEZ, G. L. S.; LORENZETTI, E. R.; FARIA, G. S.; TESSMANN, D. J.; SEVERINO, J. J. Método do palito para inoculação de *Didymella bryoniae* em melão nobre e pepino “japonês”. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. p. 154, 2004.

WATSON, A.; NAPIER, T. Disease of cucurbit vegetables. **Primefact**, v.832, p. 1-6, 2009.

YORINORI, J. T. **Cancro da haste**: epidemiologia e controle. ed.Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996.

CAPÍTULO III

EFEITO DA TEMPERATURA NA PODRIDÃO CINZENTA DO CAULE EM MELOEIRO

RESUMO

O fungo *Macrophomina phaseolina* é o agente causal da podridão cinzenta do caule e ocasiona perdas significativas em cultivos de melão em muitas partes do mundo. O uso de cultivares resistentes é um método desejável no controle de *M. phaseolina*, porém não existem informações sobre a influência da temperatura sobre a resistência genética em meloeiro. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da temperatura sobre a reação de acessos de meloeiro a *M. phaseolina*. Os acessos Ag-15591Ghana, Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, In-PsPiñSp, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg foram inoculados pelo método do palito com o isolado Me-248 e mantidos em diferentes temperaturas (25, 28, 31 e 34°C) durante dez dias. Conclui-se que a elevação da temperatura aumenta a severidade da podridão cinzenta causada por *M. phaseolina* em meloeiro. O acesso In-PsPiñSp é mais suscetível nas temperaturas 28, 31 e 34°C. Os acessos Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg são resistentes nas temperaturas 25, 28 e 31°C, mas suscetíveis a 34°C. O acesso Ag-15591Ghana é uma fonte promissora para programas de melhoramento genético por ter sua resistência a *M. phaseolina* pouco alterada pelo aumento da temperatura.

Palavras-chave: *Cucumis melo*. Germoplasma. *Macrophomina phaseolina*. Quebra de resistência.

EFFECT OF TEMPERATURE AT ROT GRAY IN MELOEIRO

ABSTRACT

The fungus *Macrophomina phaseolina* is the causal agent of gray stem rot and causes significant losses in melon crops in many parts of the world. The use of resistant cultivars is a desirable method for the control of *M. phaseolina*, but has no information on the influence of temperature on genetic resistance in melon. The objective of the present work was to evaluate the effect of temperature on the reaction of melon accessions to *M. phaseolina*. The accessions Ag-15591Ghana, Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, In-PsPiñSp, Can-NYIsr and Dud-QMPAfg were inoculated by the stick method with the Me-248 isolate and maintained at different temperatures (25, 28, 31 and 34°C) for ten days. It is concluded that the temperature increase increases the severity of the gray rot caused by *M. phaseolina* in melon. In-PsPiñSp access is more susceptible at temperatures 28, 31 and 34 ° C. The Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, Can-NYIsr and Dud-QMPAfg accessions are resistant at temperatures 25, 28 and 31 ° C, but susceptible at 34 ° C. Access-g-15591Ghana is a promising source for breeding programs because its resistance to *M. phaseolina* is slightly altered by the increase in temperature.

Keywords: *Cucumismelo*. Germplasm. Gray rot. Resistance break.

1 INTRODUÇÃO

O melão é uma das principais frutas produzidas e exportadas pelo Brasil, ocupando lugar de destaque em volume e exportação (ANUÁRIO, 2016). A produção brasileira está concentrada em parte do semiárido nordestino (>95%), em especial nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte, nos quais se encontram condições climáticas excelentes ao desenvolvimento da cultura como altas temperaturas (>28°C), baixa precipitação pluviométrica ($\approx 600 \text{ mm ano}^{-1}$) e alta luminosidade. Além disso, os produtores têm investido em alta tecnologia procurando melhorar as características dos frutos e sua produtividade (NUNES et al., 2016).

O cultivo de meloeiro é realizado em praticamente todo o ano e, em muitas empresas, sem a rotação de culturas ou, rotacionando com melancia. O uso intensivo dos campos produtivos amplia os problemas com patógenos habitantes do solo. Dentre eles, destaca-se o fungo ascomiceto *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich. O referido fungo tem sido um dos mais isolados em plantas de melão (MARINHO et al., 2002; ANDRADE et al., 2005; DANTAS et al., 2013) e ervas daninhas (SALES JUNIOR et al., 2012). Este fungo provoca a doença conhecida como podridão do carvão ou podridão cinzenta do caule (SALARI et al., 2012). Os sintomas da podridão iniciam-se com lesões na haste da planta, sendo deprimidas e escuras tornando-se acinzentadas, podendo ocorrer clorose, podridão de raiz, murcha e morte dos ramos ou de toda planta (BIANCHINI et al., 2005). Plantas severamente infectadas morrem prematuramente em virtude da produção de toxinas do fungo e pelo bloqueio dos vasos do xilema (ISLAM et al., 2012).

Uma das maneiras mais eficientes de controle de patógenos habitantes do solo é o uso de cultivares resistentes. Porém, no caso de *M. phaseolina*, não existe variedade comercial que apresente resistência a este fungo e, poucos trabalhos científicos relatam esforços para identificar fontes de resistência. Salari et al. (2012) avaliaram a reação de sete cultivares iranianas e identificaram duas fontes com resistência intermediária: ‘Sfidak khatdar’ e ‘Sfidak bekhat’. Mais recentemente, Ambrósio et al. (2015), em uma pesquisa envolvendo grupos brasileiro e espanhol identificaram cinco fontes de resistência: Ag-15591Ghana, Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, In-PsPiñSp, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg. Estes se comportaram como altamente resistentes. Em 2016, estes mesmos acessos foram avaliados nas condições experimentais de Mossoró, com temperaturas superiores a 35°C e umidade relativa baixa. Condições epidemiológicas excelentes para o desenvolvimento de *M. phaseolina*. As plantas inoculadas com o mesmo isolado utilizado na Espanha, em

praticamente todos os acessos, morreram em apenas quatro dias. A exceção foi o acesso Ag-15591Ghana que se apresentou como moderadamente resistente.

É notório que os fatores ambientais influenciam as relações entre patógeno e hospedeiro, afetando a patogenicidade do primeiro e as respostas de defesa do segundo. Dentre os fatores, a temperatura destaca-se como aquele com grande ação sobre a resistência de plantas a diferentes tipos de patógenos como fungos, vírus e bactéria (GARRETT et al., 2006, WOSULA, 2017). Além dos patógenos citados, muitos estudos têm sido feitos com os nematóides. O exemplo clássico que ilustra a interferência da temperatura na quebra de resistência ocorre no patossistema formado pelo nematóide *Meloidogyne incógnita* e *Solanum lycopersicum* L. (tomate). Os cultivares que são resistentes possui o gene *Mi-1*. No entanto, quando a temperatura do solo é igual ou superior a 32°C, há uma quebra da resistência (WILLIAMSON, 1998). Estudos mais recentes apontam que a quebra da resistência depende da cultivar que possuem o gene *Mi-1* (CARVALHO et al., 2015). Não há informações sobre ação da temperatura sobre a reação de acessos de meloeiro a *M. phaseolina*. Sendo, portanto, relevante obter informações a respeito desse tema.

Assim sendo, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da temperatura sobre a reação de acessos de meloeiro que expressaram resistência na Espanha e suscetibilidade no Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Germoplasma

Foram avaliados seis acessos: Ag-15591Ghana, Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, In-PsPiñSp, Can-NYIsre Dud-QMPAfg, pertencentes à coleção ativa de germoplasma da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

2.2 Temperaturas (Ambientes)

Quatro experimentos foram conduzidos simultaneamente no laboratório de sementes da UFERSA, em quatro BOD (Biochemistry Oxygen Demand) por 10 dias nas temperaturas de 25; 28; 31 e 34 °C, umidade relativa de 60%, sob fotoperíodo de 12 horas. A escolha das temperaturas foi baseada no trabalho de Ambrósio et al., (2015) que relatam a temperatura média do ar na condição de Mossoró e Valência, durante o período dos estudos.

2.3 Preparo do inóculo

Utilizou-se o isolado patogênico, com alta virulência, Me-248, por ser o mais agressivo (MEDEIROS et al., 2015), coletado de raízes e colos de meloeiro com sintomas de podridão radicular, de área produtora de melão em Mossoró-RN, preservado na coleção de culturas de fungos do laboratório de Fitopatologia, do setor de Fitossanidade da UFERSA. Foi realizado teste para comprovar a patogenicidade do fungo. O isolado foi multiplicado realizando-se a repicagem para meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA) + antibiótico (tetraciclina - 0,05 g L⁻¹) e mantido em estufa tipo BOD a 28 ± 2 °C por cinco dias.

Foram retirados quatro discos (5 mm de diâmetro) contendo estruturas do fungo e, repicados para placas de Petri contendo meio de cultura BDA e pontas de palitos de dente (1,5 cm), inseridas verticalmente em um disco de papel de filtro com a parte afilada dos palitos voltada para cima, os quais foram previamente esterilizados a 121°C em autoclave por 30 minutos (YORINORI, 1996). O isolado foi incubado em estufa tipo B.O.D. a 28 ± 2°C por sete dias, até a completa colonização dos palitos.

2.4 Condução experimental

As sementes passaram por um processo de seleção, onde as que apresentaram danos foram descartadas. As selecionadas foram desinfestadas com NaClO a 1,5% por dois minutos e lavadas em água corrente. Posteriormente foram postas em placas de Petri contendo algodão e papel filtro umedecidos, envolvidas em papel alumínio para serem colocadas em estufa por 24 horas em temperatura de 37 °C. O transplântio foi realizado em vasos plásticos com 0,4 kg de capacidade, contendo substrato comercial (Tropstrato® HT Hortaliças) a base de casca de pinus, turfa, vermiculita expandida, enriquecido com macro e micronutrientes. O substrato foi previamente esterilizado em autoclave a 121 °C, por dois dias consecutivos, sendo uma hora por dia.

A inoculação foi realizada aos 20 dias após o transplântio (segunda folha definitiva), por meio da inserção direta do palito no caule próximo ao colo da planta (AMBRÓSIO et al., 2015). Imediatamente após a inoculação, as plantas foram mantidas em BOD. Aos 10 dias após a inoculação, os acessos foram avaliados quanto à severidade da doença utilizando a escala de notas de (0 a 5), em que, 0: assintomática, 1: menos de 3% de tecidos infectados, 2: 3-10% dos tecidos infectados, 3: 11-25% de tecidos de tecidos infectados, 4: 26-50% de tecidos infectados e 5: mais do que 50% dos tecidos infectados (AMBRÓSIO et al., 2015) (Figura 1).



Figura 1. Escala de notas da severidade da doença. Mossoró, UFERSA, 2018.

A gravidade média da doença foi calculada para cada acesso e classificada em cinco classes de reação: 0: imune (I); 0,1-1,0: altamente resistente (AR); 1,1-2,0: moderadamente resistente (MR); 2,1-4,0: suscetível (SU) e 4,1-5,0: altamente suscetíveis (AS) (SALARI et al., 2012).

Após a avaliação, as plantas que apresentaram sintomas foram levadas ao Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia da UFERSA para isolamento do fungo e confirmação da presença de *M. phaseolina* nas lesões. Para isso, foram retirados fragmentos da área entre o tecido doente e o sadio, posteriormente foi realizado a desinfestação superficial em álcool 70%, por 30 segundos e hipoclorito de sódio a 2,0% por um minuto, e lavados em água destilada esterilizada.

Foram transferidos cinco fragmentos para placas de Petri contendo meio de cultura BDA + tetraciclina (0,05g/l). Após cinco dias, as placas foram analisadas, por meio de microscopia óptica e, confirmada a presença do fungo pela sua caracterização morfológica.

2.5 Delineamento experimental

Os quatro experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados com sete repetições. A unidade experimental foi constituída por dois vasos de 0,4 kg de capacidade com uma planta.

2.6 Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada conforme o modelo estatístico 54 do software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007). O referido modelo corresponde a $y = Xb + Zg + Wc + e$, em que y , b , g , c , e correspondem, respectivamente, aos vetores de dados, de efeitos fixos (médias de blocos através das temperaturas), de efeitos dos acessos (aleatórios), de efeitos da interação acessos x temperaturas (aleatórios) e de erros aleatórios. Enquanto X , Z e W são as matrizes de incidência para b , g e c , respectivamente.

As distribuições e estruturas de médias (E) e variâncias (Var) assumidas foram as seguintes:

$$E \begin{bmatrix} y \\ g \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \text{Var} \begin{bmatrix} g \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I\sigma_g^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_c^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

O ajuste do modelo foi obtido a partir das equações de modelo misto:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + I\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{g} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}$$

Onde $\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2} = \frac{1 - h_g^2 - c^2}{h_g^2}$; em que: $h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$ corresponde à herdabilidade individual no sentido amplo no bloco; $c^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_g^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$ corresponde ao coeficiente de determinação dos efeitos da interação acessos x temperatura; σ_g^2 é a variância genotípica entre acessos; σ_c^2 é a variância da interação acessos x temperatura; σ_e^2 é a variância residual entre parcelas; $r_{\text{gloc}} = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_g^2 + \sigma_c^2} = \frac{h_g^2}{h_g^2 + c^2}$ corresponde à correlação genotípica dos acessos, através das temperaturas.

Os estimadores iterativos dos componentes de variância, por REML, via algoritmo EM, são: $\hat{\sigma}_e^2 = \frac{[y'y - \hat{b}'X'y - \hat{g}'Z'y - \hat{c}'W'y]}{[N - r(x)]}$; $\hat{\sigma}_g^2 = \frac{[\hat{g}'g + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}C^{22}]}{q}$; $\hat{\sigma}_c^2 = \frac{[\hat{c}'c + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}C^{33}]}{s}$; em que C^{22} e C^{33} advêm de $C^{-1} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{21} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} & C^{13} \\ C^{21} & C^{22} & C^{23} \\ C^{31} & C^{32} & C^{33} \end{bmatrix}$, sendo C a matriz de coeficientes das equações de modelo misto; tr o operador traço matricial; $r(x)$ o posto da matriz X ; N , q e s , número total de dados, número de genótipos e número de combinações acesso x temperatura, respectivamente.

Por meio desse modelo foram obtidos os preditores BLUP empíricos dos valores genotípicos livres da interação, dados por $\hat{\mu} + \hat{g}_i$, em que $\hat{\mu}$ é a média de todos os ambientes e \hat{g}_i é o efeito genotípico livre da interação genótipo x ambiente. Para cada ambiente j , os valores genotípicos são preditos por $\hat{\mu} + \hat{g}_i + \hat{g}e_{ij}$, em que $\hat{\mu}_j$ é a média do ambiente j , \hat{g}_i é o efeito genotípico e $\hat{g}e_{ij}$ é o efeito da interação genótipo x ambiente concernente ao genótipo i .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo de acessos ($p < 0,01$) para a reação a *M. phaseolina*, evidenciando heterogeneidade genotípica. Esse fato era esperado uma vez que a reação dos acessos era conhecida em ensaios anteriores (AMBRÓSIO et al., 2015)(Tabela 1).

Tabela 1 - Componentes de variâncias, acurácia seletiva, coeficientes de variação genotípica e residual obtidos via REML da reação de acessos de meloeiro (severidade) inoculados com *M. phaseolina* em quatro temperaturas. Mossoró, UFERSA, 2018.

Efeito	Deviance	LRT	$\hat{\sigma}^2$
<i>Efeitos Aleatórios</i>			
Modelo completo	270,77		
Genótipos (G)	290,45 ⁺	19,68 ^{**}	1,83
Interação (G x A)	274,09 ⁺	3,32 ^{ns}	0,19
Resíduo			1,45
Fenotípico			3,49
h^2_{mg}	0,95		
Ac_g	0,97		
c^2	0,05		
\hat{r}_{gloc}	0,91		
CV_g	78,84		
CV_e	70,19		
Média	1,72		
<i>Efeito Fixo</i>			
Fonte de variação	gl	QM	F (Prob)
Temperatura	3	20,04	13,74 (< 0,001)

⁺ Deviance do modelo ajustado sem o referido efeito, LRT: Teste de razão de máxima verossimilhança; $\hat{\sigma}^2$: Componente de variância. **: Significativo pelo teste de Qui-quadrado a ($p < 0,01$) (Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de significância $\alpha = 5\%$ e $\alpha = 1\%$, respectivamente). h^2_{mg} : Herdabilidade média; Ac_g : Acurácia seletiva; r_{loc} : correlação entre os ambientes; CV_g : Coeficiente de variação genético; CV_e : Coeficiente de variação ambiental. FV: Fonte de variação; gl: Grau de liberdade; QM: Quadrado Médio.

Não foi observado efeito significativo da interação acessos x temperaturas ($p > 0,05$) (Tabela 1). A ausência da interação evidencia comportamento não diferencial dos

genótipos (acessos) nos diferentes ambientes (temperaturas) (YAN et al., 2007). O componente c^2 mede o quanto à interação influenciou na variância fenotípica. Constatou-se baixíssima influência da interação na reação severidade (5,0%).

A interação é composta pelos componentes simples e complexo. O primeiro ocorre devido às magnitudes das diferenças de variabilidade entre os genótipos e o segundo, depende da correlação genética dos genótipos nos ambientes (CRUZ; CASTOLDI, 1991). A correlação genotípica média da performance dos acessos, através dos ambientes (r_{loc}), fornece a confiabilidade de quão constante é o ordenamento dos acessos e, indiretamente, indica a participação da parte complexa na interação. Assim sendo, constatou-se que a estimativa de r_{loc} foi elevada (0,91), indicando reduzida participação do componente complexo na interação. No presente estudo, a predominância da parte simples da interação é uma condição favorável e facilita o trabalho seletivo do pesquisador em razão do ordenamento constante dos acessos nas quatro temperaturas.

Observando as médias genotípicas dos acessos nas diferentes temperaturas, constatou-se poucas alterações no ordenamento dos acessos nas diferentes temperaturas, corroborando com as estimativas de c^2 e r_{loc} (Tabela 1). O acesso Ag-15591Ghana sempre apresentou a menor estimativa, enquanto o acesso In-PsPiñSp a maior em todas as temperaturas avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Médias genotípicas da reação de cinco acessos de meloeiro a *Macrophomina phaseolina* em quatro temperaturas. Mossoró, UFERSA, 2018.

Acesso	$\mu + \hat{g} + \hat{g}e$				$\mu + \hat{g}$
	25°C	28°C	31°C	34°C	Conjunta
Ag-15591Ghana	0,05	0,07	0,22	1,13	0,38
Con-Pat81Ko	0,49	0,58	0,85	2,78	1,19
Ag-C38Nig	0,82	1,20	1,32	2,48	1,46
In-PsPiñSp	3,82	4,23	4,35	4,89	4,26
Can-NYIsr	0,56	0,91	1,61	2,24	1,34
Dud-QMPAfg	0,98	1,32	1,71	2,77	1,70

$\mu + \hat{g} + \hat{g}e$: Média genotípica acrescida da interação genótipos por ambientes; $\mu + \hat{g}$: média genotípica estimada na análise conjunta.

O acesso Com-Pat81Ko apresentou a segunda menor média genotípica nas temperaturas 25, 28 e 31°C, mas a segunda maior na temperatura mais alta (34 °C). A

média genotípica do acesso Dud-QMPAfg foi a segunda maior nas temperaturas 25, 28 e 31°C, porém a terceira maior na temperatura mais elevada (34 °C). O acesso Ag-C38Nig apresentou a terceira maior média genotípica nas temperaturas 25 e 28°C, enquanto que nas temperaturas 31 e 34 °C foi a quarta. Por fim, o acesso Can-NYIsr foi aquele com maior alteração na classificação, sendo a terceira menor em 25 e 28°C, a quarta menor a 31°C e a segunda menor em 34°C.

Considerando a média genotípica sem a presença do componente da interação genótipos por ambientes (análise conjunta das temperaturas), observou-se que o acesso Ag-15591Ghana teve a menor estimativa, enquanto que o acesso In-PsPiñSp a maior estimativa. Para os demais acessos, as estimativas em ordem crescente foram Com-Pat81Ko, Can-NYIsr, Ag-C38Nig e Dud-QMPAfg (Tabela 2).

Os acessos Ag-15591Ghana, Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg foram inoculados com o mesmo isolado do presente trabalho e exaustivamente avaliados em condições ambientais de Valencia, na Espanha (28°C, 65% UR). Todos se comportaram como altamente resistentes em todas as avaliações (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias e reações de acessos de meloeiro inoculados com o isolado Me-248 de *Macrophomina phaseolina* em condições ambientais de Valencia (Espanha) e Mossoró-RN (Brasil). Mossoró, UFERSA, 2018.

Acesso	Valencia (Espanha)*		Mossoró (Brasil)**	
	(28°C, 65% UR)		(34,5°C, 38,4% UR)	
	Nota	Reação	Nota	Reação
Ag-15591Ghana	0,10	AR	1,1	MR
Con-Pat81Ko	0,61	AR	5,0	AS
Ag-C38Nig	0,25	AR	5,0	AS
In-PsPiñSp	2,96	SU	5,0	AS
Can-NYIsr	0,44	AR	5,0	AS
Dud-QMPAfg	0,61	AR	4,6	AS

* Dados obtidos por Ambrósio et al. (2015).** Dados obtidos por Linhares (2018). 0: imune (I); 0,1-1,0: altamente resistente (AR); 1,1-2,0: moderadamente resistente (MR); 2,1-4,0: suscetível (SU) e 4,1-5,0: altamente suscetível (AS).

Quando avaliados nas condições de Mossoró-RN, com temperaturas superiores a 34 °C e reduzida umidade relativa do ar, condições ótimas para o desenvolvimento da *M. phaseolina* (COHEN et al., 2016), verificou-se que a reação dos acessos foi diametralmente oposta. Enquanto na Espanha todos os acessos foram resistentes, no Brasil

a maioria foi suscetível, com exceção do Ag-15591Ghana. O acesso In-PsPiñSp, utilizado como padrão de suscetibilidade, foi ainda mais suscetível nas avaliações feitas no Brasil.

Uma possível explicação para esse fato seja a temperatura, razão que motivou a realização da presente pesquisa. Assim sendo, constou-se efeito significativo da temperatura sobre a severidade da doença (Tabela 1). As médias genótípicas da severidade da doença aumentaram em todos os acessos com a elevação da temperatura (Tabela 2).

A reação dos acessos alterou com o aumento da temperatura em graus diferenciados. O acesso Ag-15591Ghana foi altamente resistente nas temperaturas 25, 28 e 31°C, mas moderadamente resistente em 34 °C (Figura 1). O acesso In-PsPiñSp foi suscetível na temperatura 25 °C, e altamente suscetível nas temperaturas 28, 31 e 34°C. O acesso Con-Pat81Ko foi altamente resistente nas três primeiras temperaturas e suscetível a 34 °C. Os acessos Ag-C38Nig e Dud-QMPAfg foram altamente resistentes na menor temperatura (25°C), moderadamente resistente nas temperaturas 28 e 31 °C e suscetível em 34 °C. O acesso Can-NYIsr foi altamente resistente a 25 e 28 °C, moderadamente resistente a 31°C e suscetível a 34°C.

Quando se compara os resultados obtidos na Espanha, com temperatura média de 28°C e umidade relativa média de 65°C com os resultados obtidos nas temperaturas de 25 e 28°C e uma umidade de 60% na BOD, verifica-se que os acessos resistentes na Espanha também foram resistentes no presente estudo, inclusive com valores de severidade (notas) semelhantes, com exceção do Ag-C38Nig e Dud-QMPAfg, aqui classificados como medianamente resistentes a 28°C (Tabela 2).

Quando avaliados a 31 °C os acessos Ag-15591Ghana e Con-Pat81Ko continuaram altamente resistentes, porém com médias genótípicas da severidade maiores, enquanto que os acessos Ag-C38Nig, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg foram moderadamente resistentes, indicando efeito da temperatura no sentido de reduzir a resistência genética nos acessos (Tabela 2, Figura 2).

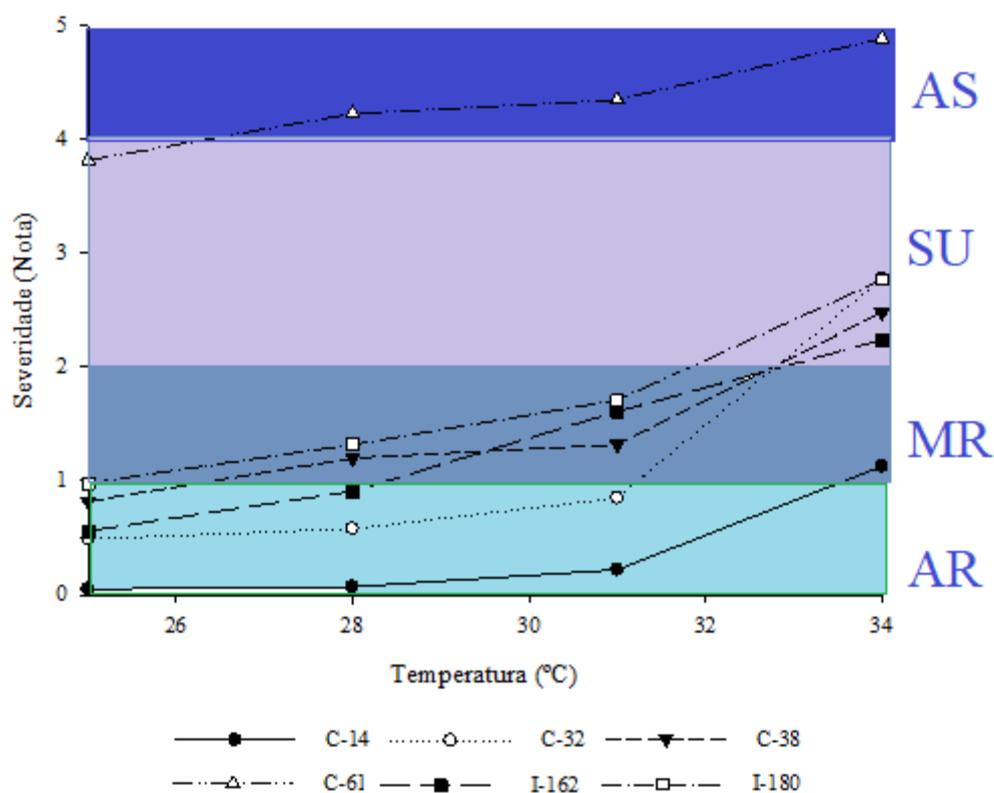


Figura 2. Severidade da podridão cinzenta em função da temperatura. Mossoró-RN, 2018. 0: imune (I); 0,1-1,0: altamente resistente (AR); 1,1-2,0: moderadamente resistente (MR); 2,1-4,0: suscetível (SU) e 4,1-5,0: altamente suscetível (AS). C-14 (Ag-15591Ghana), C-32 (Com-Pat81Ko), C-38 (Ag-C38Nig), C-61 (In-PsPiñSp), I-162 (Can-NYIsr) e I-180 (Dud-QMPAfg). Mossoró, UFERSA, 2018.

Esse fato foi corroborando, quando se constatou que todos os acessos foram suscetíveis na maior temperatura (34 °C) (Figura 2). A exceção foi o acesso Ag-15591Ghana foi moderadamente resistente com média genotípica superior a 1,0 (Figura 2, Tabela 2).

A redução da resistência dos acessos com a ampliação da temperatura é indicio que o referido fator ambiental influencia a resposta genotípica ao fungo *M. phaseolina*. Por outro lado, um questionamento surgiu: porque os acessos não apresentaram maior suscetibilidade na temperatura de 34°C, uma vez que nas condições ambientais de Mossoró (>34°C) praticamente todas as plantas dos acessos Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg morreram em apenas quatro dias após a inoculação? Uma possível explicação está na diferença de umidade das duas avaliações. Em BOD, a umidade era maior enquanto em condições ambientais da casa de vegetação, a umidade foi menor. Outro fator a ser

considerado: A temperatura na casa de vegetação apresentou maior amplitude térmica, deixando a planta mais pré-disposta ao ataque do patógeno. Na BOD a temperatura é praticamente constante.

A razão dessa explicação está no fato do fungo *M. phaseolina* ser mais adaptado e agressivo a climas quentes e secos, nos quais predominam altas temperaturas e reduzidas umidades relativas (COHEN et al., 2016). Evidentemente que são necessários novos experimentos para comprovar a hipótese mencionada neste trabalho.

A influência da temperatura é um aspecto relevante estudado em outros patossistemas. Os estudos mais publicados envolvem como patógeno, o nematóide *M. incognita* e, como hospedeiro, o tomate. Trabalhos iniciais relataram a quebra da resistência advinda do gene *Mi-1* em temperaturas $\geq 28^{\circ}\text{C}$ (DROPKIN, 1969; MEDINA FILHO; STEVENS, 1980) e $\geq 32^{\circ}\text{C}$ (WILLIAMSON, 1998). Entretanto, outros autores evidenciam que a quebra da resistência não ocorre em todas as cultivares a 34°C (ABDUL-BAKI; HAROON; CHITWOOD, 1996; VERDEJO-LUCAS et al., 2013). Observou-se quebra da resistência da cultivar ‘Amelia’, mas não na cultivar ‘Rutgers’ quando estas foram submetidas a uma temperatura de 35°C (CARVALHO et al., 2015).

Com relação ao presente trabalho, também se observou que nem todos os acessos apresentaram-se da mesma maneira. O acesso Ag-15591Ghana foi sempre resistente em todas as temperaturas, altamente resistente nas temperaturas 25, 28 e 31°C e moderadamente resistente a 34°C , mas com média genotípica para a severidade reduzida tanto nas condições de BOD (Tabela 2) como nas condições ambientais de Mossoró (Tabela 3).

O acesso Ag-15591Ghana foi a primeira fonte de resistência publicada na literatura internacional no trabalho pioneiro realizado na Espanha (AMBROSIO et al., 2015). Os resultados do presente trabalho reforçam a estabilidade da resistência do acesso Ag-15591Ghana e ratificam o seu potencial como fonte de resistência para programas de melhoramento visando resistência a *M. phaseolina*. Ressalta-se que é preciso estudar a herança da resistência do referido acesso para otimizar o processo seletivo e de introgressão de alelos de resistências em *backgrounds* comerciais quanto à produtividade e qualidade de frutos uma vez que se trata de um germoplasma do grupo *agrestis* com frutos muito pequenos (<50 g) e de baixo teor de sólidos solúveis (NUNES et al., 2016).

Com relação ao acesso In-PsPiñSp, a temperatura aumentou a sua suscetibilidade a partir de 28°C (Figura 1). Esse fato indica que a temperatura também influencia a reação dos genótipos suscetíveis (ABDUL-BAKI; HAROON; CHITWOOD, 1996). Observou-se

na Espanha que o referido acesso apresentou menor severidade a 28°C e UR 65% (Tabela 3) em relação à avaliação feita a 28°C e UR 60% na BOD (Tabela 2). Ressalta-se que a temperatura de 28°C na Espanha é um valor médio, assim como a umidade relativa, diferente dos valores quase constantes da BOD.

4 CONCLUSÃO

A elevação da temperatura aumenta a severidade da podridão cinzenta causada por *Macrophomina phaseolina* em meloeiro. O acesso In-PsPiñSp é mais suscetível nas temperaturas 28, 31 e 34 °C. Os acessos Con-Pat81Ko, Ag-C38Nig, Can-NYIsr e Dud-QMPAfg são resistentes nas temperaturas 25, 28 e 31 °C, mas suscetíveis a 34°C. O acesso Ag-15591Ghana é uma fonte promissora para programas de melhoramento genético por ter sua resistência a *M. phaseolina* pouco alterada pelo aumento da temperatura.

REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A. A.; HAROON, S. A.; CHITWOOD, D. J. Temperature Effects on Resistance to *Meloidogyne* spp. in Excised Tomato Roots. **HortScience**, v. 31, n. 1, p. 147-149, 1996.

AMBRÓSIO, M. M. Q.; DANTAS, A. C. A.; MARTÍNEZ-PEREZ, E.; MEDEIROS, A. C.; NUNES, G. H. S.; PICÓ, M. B. Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seedling resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Euphytica**, Holanda, v. 206, n. 2, p. 287-300, 2015.

ANDRADE, D.E.G.T.; MICHEREFF, S.J.; BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; SALES, R. Jr. Frequência de fungos associados ao colapso do meloeiro e relação com características físicas, químicas e microbiológicas dos solos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 31, n. 04, p. 326-331, 2005.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2016. Editora Gazeta, 2016. 88 p.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Eds.). **Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 2005. p. 333-349.

CARVALHO, L.M.; BENDA, N.D.; VAUGHAN, M.M.; CABRERA, A.R.; HUNG, K.; COX, T.; ABDO, Z.; ALLEN, H; TEAL, P.E.A. Mi-1-mediated nematode resistance in tomatoes is broken by short-term heat stress but recovers over time. **Journal of Nematology**, v. 47, n.2, p. 133-140, 2015.

COHEN, R.; TYUTYUNIK, J.; FALLIK, E.; OKA, Y.; TADMOR, Y.; EDELSTEIN, M. Phytopathological evaluation of exotic watermelon germplasm as a basis for rootstock breeding. **Scientia Horticulturae**, v. 165, p. 203-210, 2016.

CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v.38, p.422-430, 1991.

DROPKIN, V. H. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 59, n. 11, p. 1632-1637, 1969.

GARRETT, K. A.; DENDY, S. P.; FRANK, E. E.; ROUSE, M. N.; TRAVERS, S. E. **Climate change effects on plant disease: Genomes to ecosystems**. Annual Review Phytopathology, v. 44, p. 489-509, 2006.

ISLAM, S.; HAQUE, S.; ISLAM M. M.; EMDAD, E. M.; HALIM, A.; HOSSEN, Q. M.; HOSSAIN, Z.; AHMED, B.; RAHIM, S.; RAHMAN, S.; ALAM, M.; HOU, S.; WAN, X.; SAITO, J. A.; ALAM, M.; Tools to kill: Genome of one of the most destructive plant pathogenic fungi *Macrophomina phaseolina*. **BMC Genomics**, v.13, p. 493-509, 2012.

MARINHO, R.E.M.; SALES Jr, R.; MARACAJÁ, P.B.; SILVA, G.F.; COSTA, F.M.; SILVA, E.C. Identificação da microflora associada a raízes de meloeiro nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 01, p. 25-28, 2002.

MEDEIROS, A. C.; MELO, D. R. M.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; NUNES, G. H. S.; COSTA, J. M. Métodos de inoculação de *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina* em meloeiro (*Cucumis melo*). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 4, p. 281-286, 2015.

MEDINA FILHO, H. P.; STEVENS, M. A. Tomato breeding for nematode resistance: survey of resistant varieties for horticulture characteristics and genotype of acid phosphates. **Acta Horticulturae**, v. 100, p. 383-393, 1980.

NUNES, G. H. S.; ARAGÃO, F. A. S.; NUNES, E. W. L. P.; COSTA, J. M.; RICARTE, A. O. Melhoramento de Melão. Viçosa: Ed. UFV. Cap. 11 p. 331-363, 2016.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas. 2007. 561p.

SALARI, M; PANJEHKEH, N; NASIRPOOR, Z; ABKHOO J. Reaction of melon (*Cucumis melo* L.) cultivars to soil-borne plant pathogenic fungi in Iran. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. p.15324-15329, 2012.

SALES JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, O. F.; MEDEIROS, E. V.; GUIMARÃES, I. M.; CORREIA, K. C. Ervas daninhas como hospedeiras alternativas de patógenos causadores do colapso do meloeiro. **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**, v.43, n. 1, p. 195-198, 2012.

Verdejo-Lucas, S.; Blanco, M.; Cortada, L.; Sorribas, F. J. Resistance of tomato rootstocks to *Meloidogyne arenaria* and *Meloidogyne javanica* under intermittent elevated soil temperatures above 28 °C. **Crop Protection**, v.46, p. 57-62, 2013.

WILLIAMSON, V. M. Root-knot nematode resistance genes in tomato and their potential for future use. **Annual Review of Phytopathology**, v. 36, p. 277-293, 1998.

WOSULA, E.N. Effect of temperature on Wheat Streak Mosaic Disease development in winter wheat. **Plant Disease**, v. 101, p. 324-330, 2017.

YAN, W.; KANG, M.S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P.L. GGE Biplots vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science**, v.47, p.643-655, 2007.

YORINORI, J. T. **Cancro da haste**: epidemiologia e controle. ed. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996.