



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

FRANCISCO CLEILSON LOPES COSTA

**PATOGENICIDADE DE NOVAS ESPÉCIES DE *Monosporascus* EM ACESSOS DE
QUATRO GRUPOS BOTÂNICOS DE MELOEIRO**

MOSSORÓ

2020

FRANCISCO CLEILSON LOPES COSTA

**PATOGENICIDADE DE NOVAS ESPÉCIES DE *Monosporascus* EM ACESSOS DE
QUATRO GRUPOS BOTÂNICOS DE MELOEIRO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para a obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Melhoramento Genético

Orientador: Prof. Dr. Glauber Henrique de Sousa Nunes

MOSSORÓ

2020

© 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 tomar-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.

C837p Costa, Francisco Cleilson Lopes.
PATOGENICIDADE DE NOVAS ESPÉCIES DE
Monosporascus EM ACESSOS DE QUATRO GRUPOS
BOTÂNICOS DE MELOEIRO / Francisco Cleilson Lopes
Costa. - 2020.
39 f. : il.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
, 2020.

1. Cucumis melo L.. 2. Declínio das ramas. 3.
Germoplasma. 4. Virulência. I. Nunes, Glauber
Henrique de Sousa, orient. II. 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.

FRANCISCO CLEILSON LOPES COSTA

**PATOGENICIDADE DE NOVAS ESPÉCIES DE *Monosporascus* EM ACESSOS
DE QUATRO GRUPOS BOTÂNICOS DE MELOEIRO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

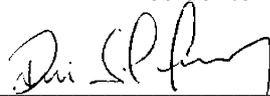
Linha de Pesquisa: Melhoramento Genético

Defendida em: 19 / 02 / 2020.

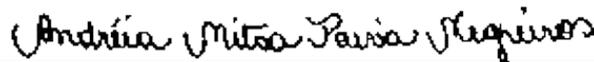
BANCA EXAMINADORA



Glauber Henrique de Sousa Nunes, Prof. Dr. (UFERSA/FITOTECNIA)
Presidente



Rui Sales Júnior, Prof. Dr. (UFERSA/FITOTECNIA)
Membro Examinador



Andréia Mitsa Paiva Negreiros, Profa. Dra. (UFERSA/PÓS-DOCTORADO PDJ)
Membro Examinador



Kamila Câmara Correia, Profa. Dra. (EXTERNA À INSTITUIÇÃO)
Membro Examinador

Aos pesquisadores e aos
profissionais que trabalham no
melhoramento e produção do
melão.

OFEREÇO

Melhor é o fim do que o começo.

Eclesiastes 7(8)

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Glauber Henrique de Sousa Nunes, Rui Sales Júnior e Andréia Mitsa Paiva Negreiros pelo excelente *design* e análise deste experimento e pelas suas grandiosas sugestões para a escrita deste texto, bem como à Professora Kamila Câmara Correia, por ter aceitado participar da banca de defesa e por suas valorosas sugestões para a correção do trabalho. À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ao Programa Fitotecnia e à Capes por proporcionar condições para cursar o Mestrado de excelência internacional. Aos colegas do grupo Germev que colaboraram na condução do experimento, Adriano, Andresa, Carla, Leandro, Priscilla e Roberta. À Alliny do grupo de Fitopatologia e ao Paulo Henrique do grupo de Fruticultura, pela colaboração na condução do experimento. Às Técnicas Naama e Juliana pela colaboração neste trabalho. Aos meus pais, Gilzete e Edmilson, e irmãos, Cleudivan e Claudênia, pela ajuda durante o curso do Mestrado. Ao Deus, pela vida, pela bondade, pela sabedoria e pela força durante a realização deste sonho.

Muito obrigado!

RESUMO

COSTA, Francisco Cleilson Lopes. **Patogenicidade de novas espécies de *Monosporascus* em acessos de quatro grupos botânicos de meloeiro**. 2020. 39 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2020.

O declínio das ramas do meloeiro (DR) pode ser causado pelas espécies de fungos *Monosporascus cannonballus* e *M. eutypoides*. As espécies de *Monosporascus* descritas recentemente no Brasil (*M. brasiliensis*, *M. caatinguensis*, *M. mossoroensis*, *M. nordestinus* e *M. semiaridus*) são agentes potencialmente causadores do DR. Este trabalho foi realizado para avaliá-los em relação à patogenicidade de *M. cannonballus* e para avaliar a reação de acesso ao melão em quatro grupos botânicos do meloeiro. O DR foi avaliado pela severidade dos danos nas raízes e pelo índice de redução de matéria seca das raízes (RIDM). Em média, as espécies estudadas causaram danos aos acessos de meloeiro. Afinal, apenas *M. brasiliensis*, *M. caatinguensis* e *M. nordestinus* foram virulentos de acordo com os acessos avaliados (A-16, C-32 sin. Pat 81, 'Goldex' e 'HBJ'), ou seja, ocorreu a interação acesso-espécie e, dentre eles, *M. caatinguensis* foi a espécie virulenta. O acesso A-16 (grupo *acidulus*) apresentou maior resistência (<10% da perda de massa seca das raízes) a *M. cannonballus*, *M. caatinguensis* e *M. nordestinus*. O acesso C-32 foi suscetível a *M. caatinguensis* e moderadamente resistente aos demais. O acesso A-16 foi o mais promissor e pode ser usado como doador de alelos de resistência ou como porta-enxerto.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Declínio das ramas. Germoplasma. Virulência.

ABSTRACT

COSTA, Francisco Cleilson Lopes. **Pathogenicity of novel *Monosporascus* species in accessions of four melon botanical groups**. 2020. 39 p. Dissertation (Master in Crop Science) – Federal Rural University of Semiarid, Mossoró-RN, 2020.

The melon vine decline (VD) can be caused by the fungal species *Monosporascus cannonballus* and *M. eutypoides*. The *Monosporascus* species recently described in Brazil (*M. brasiliensis*, *M. caatinguensis*, *M. mossoroensis*, *M. nordestinus* and *M. semiaridus*) are potentially causal agents of the VD. This work was made to evaluate them comparing to *M. cannonballus* pathogenicity, and to evaluate melon accessions reaction in four botanical groups of melon. VD was evaluated by the severity of the damages in the roots and by the root dry matter reduction index (RIDM). On average, the studied species caused damage to melon accessions. After all, only *M. brasiliensis*, *M. caatinguensis* and *M. nordestinus* were virulent according to the accessions evaluated (A-16, C-32 syn. Pat 81, ‘Goldex’ and ‘HBJ’), i.e., accession-species interaction occurred, and among them, *M. caatinguensis* was the most virulent. The accession A-16 (*acidulus* group) showed higher resistance (<10 % of root dry mass loss) to *M. cannonballus*, *M. caatinguensis* and *M. nordestinus*. The accession C-32 was susceptible to *M. caatinguensis* and moderately resistant to the others. The accession A-16 was the most promising one and can be used as a donor of resistance alleles or as a rootstock.

Keywords: *Cucumis melo* L. Germplasm. Vine decline. Virulence.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. (A) GGE Biplot com a distribuição de genótipos (nos vértices) inoculados com seis espécies do gênero *Monosporascus*. (B) GGE Biplot com a distribuição de espécies do gênero *Monosporascus* (nos vértices) inoculados em quatro acessos de meloeiro. MBRA: *M. brasiliensis*, MCAN: *M. cannonballus*, MCAT: *M. caatinguensis*, MMOS: *M. mossoroensis*, MNOR: *M. nordestinus* e MSAR: *M. semiaridus*.....24
- Figura 2. Reação de quatro acessos de meloeiro a seis espécies do gênero *Monosporascus*. HR: altamente resistente, MR: moderadamente resistente, SU: susceptível. ‘HBJ’: *Hales Best Jumbo*. MBRA: *M. brasiliensis*, MCAN: *M. cannonballus*, MCAT: *M. caatinguensis*, MMOS: *M. mossoroensis*, MNOR: *M. nordestinus* e MSAR: *M. semiaridus*.....26
- Figura 3. Estimativas do coeficiente de correlação de Spearman entre a severidade e o índice de redução da matéria seca das raízes dentro de cada acesso e espécie. Mossoró-RN, 2020. MR: moderadamente resistente, SU: susceptível. ‘HBJ’: *Hales Best Jumbo*. MBRA: *M. brasiliensis*, MCAN: *M. cannonballus*, MCAT: *M. caatinguensis*, MMOS: *M. mossoroensis*, MNOR: *M. nordestinus* e MSAR: *M. semiaridus*.....28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teste Scott-Knott para ranks médios e médias originais da severidade em acessos de meloeiro inoculados com *Monosporascus* spp. Mossoró-RN, 2020.....23

Tabela 2. Desdobramento dos índices de redução da matéria seca em acessos de meloeiro inoculados com *Monosporascus* spp. Mossoró-RN, 2020.....27

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A-16: acesso A-16

AR, HR: altamente resistente

BDA: batata-dextrose-ágar

C-32: acesso C-32 (sin. Pat 81)

CMM: Coleção Cultural de Fungos Fitopatogênicos “Profa. Maria Menezes”, da Universidade Federal Rural de Pernambuco

cv.: cultivar

HBJ: *Hales Best Jumbo*

Indels: *insertions/deletions*

ITS: *internal transcribed spacer*

LSU: *large subunit*

MR: moderadamente resistente

PC1: componente principal 1

PC2: componente principal 2

PCA: meio padrão para contagem

RI_(DM): índice de redução da matéria seca das raízes

SSU: *small subunit*

SU: suscetível

tef-1 α : *transcription elongation factor-1 α*

tub: *β -tubulin*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. Importância econômica e diversidade do meloeiro	12
2.2. Declínio das ramas em meloeiro e espécies de <i>Monosporascus</i>	13
2.3. Identificação de fontes de resistência	16
3. OBJETIVOS	18
3.1. Objetivo geral	18
3.2. Objetivos específicos	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Germoplasma	19
4.2. Isolados de <i>Monosporascus</i>	19
4.3. Condições ambientais da pesquisa	19
4.4. Inoculação artificial	20
4.5. Avaliação da doença	20
4.6. Análise de dados	20
5. RESULTADOS	21
6. DISCUSSÃO	28
7. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A podridão da raiz e o declínio das ramas (DR) é uma série síndrome causada em cucurbitáceas por várias espécies de fungos habitantes do solo. Os sintomas geralmente aparecem no momento da maturidade dos frutos quando os ramos exibem um amarelecimento inicial e deterioração das folhas. Estes sintomas são seguidos por desfolhamento progressivo e colapso parcial ou total das ramas (PICÓ *et al.*, 2008; CLUCK *et al.*, 2009). Essa enfermidade tem causado perdas em várias partes do mundo, especialmente em melão (*Cucumis melo* L.) e a melancia (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Matsum. & Nakai) (IGLESIAS *et al.*, 2000a; SALES JÚNIOR *et al.*, 2012; AL-MAWAALI *et al.*, 2013; YAN *et al.*, 2016; MARKAKIS *et al.*, 2018; NEGREIROS *et al.*, 2019).

Dentre as espécies do gênero *Monosporascus*, somente *M. cannonballus* Pollack & Uecker (POLLACK; UECKER, 1974) e *M. eutypoides* (Petraik) von Arx (PETRAK; AHMAD, 1954; BEN SALEM *et al.*, 2013) têm sido relatadas como agentes causais do declínio das ramas em cucurbitáceas (CASTRO *et al.*, 2020). Entretanto, recentemente, Negreiros *et al.* (2019) descreveram cinco novas espécies de *Monosporascus* associadas a raízes de duas plantas daninhas (*Boerhavia diffusa* L. e *Trianthema portulacastrum* Linn) no Nordeste brasileiro. Estas espécies são as seguintes: *M. brasiliensis*, *M. caatinguensis*, *M. mossoroensis*, *M. nordestinus* and *M. semiaridus*. Estas cinco espécies são potenciais causadoras de enfermidades em cucurbitáceas, porém não há investigações que comprovem essa hipótese.

Diversos estudos demonstraram a existência de genótipos com moderada à alta resistência a *M. cannonballus* (SALARI *et al.*, 2012; PARK *et al.*, 2013; SALES JÚNIOR *et al.*, 2019). Alguns estudos foram realizados em busca de genótipos resistentes e potenciais, para uso em programas de melhoramento, como seleção de porta-enxertos de meloeiro resistentes (PARK *et al.*, 2013), seleção de porta-enxertos de abóbora resistentes (BEN SALEM *et al.*, 2015), seleção de cultivares de meloeiro resistentes (SALARI *et al.*, 2012; SALES JÚNIOR *et al.*, 2019). Essas pesquisas demonstram que o controle genético do DR é uma das alternativas mais viáveis de controle dessas espécies. Os genótipos fontes de resistência a *Monosporascus* spp. devem exibir alto nível de vigor radicular e alta heterose das características associadas ao sistema radicular para promoverem a resistência ao estresse causado por *M. cannonballus* (COHEN *et al.*, 2012b).

Assim, são necessários estudos para a cultura do meloeiro com as espécies de *Monosporascus* que ocorrem no Brasil, com vistas a subsidiar programas de melhoramento genético, a fim de produzir cultivares resistentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância econômica e diversidade do meloeiro

O melão (*Cucumis melo* L.) pertence à família Cucurbitaceae, é uma cultura muito importante para a região Nordeste, sendo exportada para consumo como fruta *in natura*. No ano 2018, foram produzidas 581.478.000 kg numa área de 23.324 ha, atingindo produtividade média de 24.930 kg ha⁻¹, sendo que a região Nordeste foi responsável por 95,5 % da produção nacional e da qual 72,8 % se concentram, nos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2019), devido às condições climáticas da região associadas ao nível tecnológico das práticas agrícolas adotadas pelas empresas aliadas às cultivares de alto valor genético usadas (SALES JÚNIOR *et al.*, 2018).

O centro de origem do meloeiro ainda é pouco esclarecido, sendo a Ásia e a África dois centros prováveis, de onde teria se distribuído para todas as regiões do mundo (PITRAT, 2016). O melão é considerado a espécie mais polimórfica dentro do gênero *Cucumis* (BURGER *et al.*, 2010), mostrando uma grande variação morfológica e fisiológica distribuído em todo o mundo. De acordo com Jeffrey (1980), a espécie é dividida em duas subespécies, *melo* spp. e *agrestis* spp. Pitrat (2008) subdividiu as subespécies em variedades botânicas: *cantaloupensis*, *reticulatus*, *adana*, *chandalak*, *ameri*, *inodorus*, *flexuosus*, *chate* e *dudaim* relacionados à subespécie *melo* e; *momordica*, *acidulus*, *chinensis*, *makuwa*, *tibish* e *agrestis* incluídas na subespécie *agrestis*.

Mais recentemente, uma nova classificação foi proposta por Pitrat (2016), contemplando 19 grupos. O referido autor propôs a criação de novos grupos. O grupo *kachri* para acessos intermediários entre silvestres e cultivado; e o grupo *indicus* para alguns acessos cultivados na Índia central. Além disso, propõe-se a união dos grupos *cantaloupensis* e *reticulatus*, além da divisão do grupo *inodorus* em três novos denominados de *cassaba*, *ibericus* e um grupo menor denominado *inodorus*.

Dentro dos grupos botânicos *inodorus*, *cantaloupensis* e *reticulatus* há uma subdivisão em tipos comerciais. Assim, os tipos do grupo *inodorus* mais comercializados são Amarelo,

Honey Dew e Pele de Sapo, no grupo *reticulatus* estão os tipos Cantaloupe e Galia, enquanto no grupo *cantaloupensis* está o tipo Charentais. Mais recentemente, tem sido cultivado o melão do tipo “Dino”. A tendência mundial em programas de melhoramento é a diversificação do produto com o aumento da comercialização de novos tipos de melão.

2.2. Declínio das ramas em meloeiro e espécies de *Monosporascus*

O declínio das ramas é um nome genérico aplicado a um conjunto de sintomas similares causados por diversos patógenos, em geral, apresentando amarelecimento e morte das folhas superiores e gradual declínio das ramas quando a planta está madura. Na maioria das vezes, o declínio das ramas ocorre, quando, ao se aproximar a época da colheita pelo déficit hídrico, dado a podridão das raízes que não conseguem manter a absorção de água para suprimento das necessidades plenas da planta (MARTYN; MILLER, 1996).

Um dos principais agentes causais do declínio de ramas é a espécie *M. cannonballus* Pollack & Uecker (POLLACK; UECKER, 1974), um fungo ascomiceto habitante do solo (SALES JÚNIOR *et al.*, 2004, 2010). O referido fungo foi mencionado em 22 países, causando o declínio das ramas em meloeiro e melanciaira (SALES JÚNIOR *et al.*, 2018). Outra espécie descrita como agente causador do declínio de ramas é a *M. eutypoides* (Petra) von Arx (PETRAK; AHMAD, 1954; BEN SALEM *et al.*, 2013) (sin. *Bitrimonospora indica* Sivan., Talde & Tilak) (SIVANESAN; TALDE; TILAK, 1974). *M. eutypoides* foi, por vezes, confundido com *M. cannonballus* (BEN SALEM *et al.*, 2013), mas um estudo comprovou serem espécies distintas. Apesar de semelhanças morfológicas, *M. cannonballus* produz um esporo ou, raramente, dois, enquanto *M. eutypoides* produz dois ou três (BEN SALEM *et al.*, 2013). *M. eutypoides* ainda não foi reportada em campos de meloeiro no Brasil.

De maneira geral, o processo patológico inicia-se nas raízes primárias e secundárias das plantas, desenvolvendo lesões vermelho-amarronzadas, que podem evoluir para lesões necróticas nas raízes secundárias e terciárias. Peritécios podem ser observados nas raízes afetadas nos momentos finais do ciclo da cultura (BALBINO, 2015). A podridão das raízes impede a manutenção da demanda hídrica para a parte aérea, que pode apresentar necrose, a princípio, nas folhas velhas e, posteriormente, nas folhas jovens e progredir para o declínio das ramas e murcha da planta dentro de uma a duas semanas prévias à colheita (MARTYN; MILLER, 1996).

Outros patógenos habitantes do solo foram reportados como seus agentes etiológicos, segundo Sales Júnior *et al.* (2018), como *Acrocalymma vagum* Crous & Trakunyingcharoen

(FARR; MILLER; BRUTON, 1998; ARMENGOL *et al.*, 2003), *Stagonosporopsis cucurbitacearum* (Fr.) Aveskamp, Gruyter & Verkley (NUNES *et al.*, 2004; SUDISHA *et al.*, 2004; GASPAROTTO *et al.*, 2011; BASIM *et al.*, 2016), *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* Snyder & Hansen (COHEN *et al.*, 2012b, 2016), *F. solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *cucurbitae* W.C. Snyder & H.N. Hans (CHAMPACO; MARTYN; MILLER, 1993; ARMENGOL *et al.*, 2000; ANDRADE *et al.*, 2005), *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (CARTER, 1979; COHEN *et al.*, 2012a, 2016), *Myrothecium roridum* Tod: Fr. (CARTER, 1980; BRUTON, 1996; NORONHA *et al.*, 2008), *Plectosphaerella melonis* (Watan & Sato) Phillips, Carlucci & Raimondo (BRUTON; DAVIS; GORDON, 1995; ARMENGOL *et al.*, 1998) e *Rhizoctonia solani* Kühn (AL-SADI *et al.*, 2011). No Brasil, no entanto, prevalece *M. cannonballus* como o principal agente etiológico do declínio das ramas, nos campos de melão, sobretudo, nos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará (SALES JÚNIOR *et al.*, 2018).

O gênero *Monosporascus* pertencente à família Diatrypaceae é composto por 10 espécies, podendo se desenvolver em solos salinos ou alcalinos sob climas áridos ou semiáridos. A primeira menção de espécie a causar o declínio das ramas foi *Rechingeriella eutypoides* (PETRAK; AHMAD, 1954) que teve seu nome posteriormente mudado para *M. cannonballus* (SALES JÚNIOR *et al.*, 2018).

Até o presente momento, foram descritas as seguintes espécies: *M. eutypoides*, *M. monosporus* (Malloch & Cain) D. Hawksw. & Ciccar (MALLOCH; CAIN, 1971), *M. cannonballus*, *M. adenantherae* (S. D. & C. Ramesh) A. Pande (PATIL; RAMESH, 1987), *M. ibericus* Collado, Ant. González, Stchigel, Guarro & Peláez (COLLADO *et al.*, 2002), *M. brasiliensis*, *M. caatinguensis*, *M. mossoroensis*, *M. nordestinus* e *M. semiaridus*. As cinco últimas espécies citadas foram descritas por Negreiros *et al.* (2019) em isolamentos feitos em duas espécies de ervas daninhas.

As espécies de *Monosporascus* apresentam algumas características em comum, como corpo homotático, um único indivíduo consegue se reproduzir sexuadamente e não apresentam forma assexual conhecida. Os ascósporos são produzidos, em um peritécio globoso (ascocarpo), podendo ter formas que variam: esféricos, lisos, reticulados ou levemente granulados; têm coloração que varia de marrom a preta. Desenvolvem-se de um a seis ascósporos por asca, a depender da espécie (NEGREIROS *et al.*, 2019). Dentre essas espécies, *M. monosporus* e *M. adenantherae* não possuem isolados de referência em coleções de espécies ou sequências de DNA depositadas em bancos de dados (SALES JÚNIOR *et al.*, 2018; NEGREIROS *et al.*, 2019).

Negreiros *et al.* (2019) relatam a existência de inúmeros lócus que diferenciam as novas espécies de *Monosporascus*. Em *M. brasiliensis*, espécie coletada no município de Assu, Rio Grande do Norte, associado a raízes de *T. portulacastrum*, 2014, R. Sales Júnior (CMM 4839), 163 polimorfismos a diferenciam da espécie mais próxima *M. semiaridus*, dos quais, 51 locus ITS (31 indels), 60 locus *tef-1 α* (14 indels), 45 locus *tub* (quatro indels), seis locus LSU (dois indels), 1 (um) locus SSU. *M. brasiliensis* não encontrou condições adequadas para esporular nos meios de cultivo estudados (incluindo fragmentos de raízes de meloeiro esterilizados, acondicionados em ágar-água da torneira). São características das colônias de *M. brasiliensis*, em meio de cultivo BDA, micélio cotonoso com densidade média; superfície lustrosa sem zonação, variando de ocre reverso a âmbar; temperatura ótima de crescimento 32,1 °C; a taxa de crescimento micelial variou de 89 mm e 96 mm por dia, nas temperaturas de 30 °C e 35 °C, respectivamente, sem crescimento nas temperaturas pontuais de 10 e 45 °C.

Em *M. caatinguensis*, espécie coletada no município de Limoeiro do Norte, Ceará, associada a raízes de *B. diffusa*, 2014, R. Sales Júnior (CMM 4833), 224 polimorfismos a diferenciam de *M. ibericus*, a espécie filogenética mais próxima, sendo 60 locus ITS (29 indels), 88 locus *tef-1 α* (16 indels), 59 locus *tub* (13 indels), 12 locus LSU (1 (um) indel), cinco locus SSU. Assim como *M. brasiliensis*, *M. caatinguensis* não pôde ser induzida à esporulação, em nenhum meio de cultura usado (incluindo fragmentos de raízes de meloeiro esterilizados, acondicionados em ágar-água da torneira). São características das colônias de *M. caatinguensis*, em meio de cultivo BDA, micélio plano com baixa densidade, superfície cor de mel a âmbar reverso, temperatura de crescimento ótima 30,7 °C; taxa de crescimento micelial em BDA foi de 53 mm e 45 mm por dia nas temperaturas de 30 °C e 35 °C, respectivamente, não sendo observado crescimento nas temperaturas de 10 °C e 45 °C (NEGREIROS *et al.*, 2019).

Em *M. mossoroensis*, espécie coletada no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, associado a raízes de *T. portulacastrum*, 2014, R. Sales Júnior (CMM 4857), 20 polimorfismos a diferenciam de *M. nordestinus*, a espécie filogenética mais próxima, sendo oito locus ITS (dois indels), sete locus *tef-1 α* , quatro locus *tub*, 1 (um) locus LSU. Assim como *M. brasiliensis* e *M. caatinguensis*, *M. mossoroensis* não pôde ser induzida à esporulação, em nenhum meio de cultura usado (incluindo fragmentos de raízes de meloeiro esterilizados, acondicionados em ágar-água da torneira). São características das colônias de *M. mossoroensis*, em meio de cultivo BDA, micélio cotonoso com baixa densidade, superfície cor de mel e mel reverso a âmbar, temperatura de crescimento ótima 31,8 °C; taxa

de crescimento micelial em BDA foi de 86 mm e 74 mm por dia nas temperaturas de 30 °C e 35 °C, respectivamente, não sendo observado crescimento nas temperaturas de 10 °C e 45 °C (NEGREIROS *et al.*, 2019).

Em *M. nordestinus*, espécie coletada também no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, associado a raízes de *T. portulacastrum*, 2014, R. Sales Júnior (CMM 4846), 20 polimorfismos a diferenciam de *M. mossoroensis*, uma espécie filogenética mais próxima, sendo oito locus ITS (dois indels), sete locus *tef-1 α* , quatro locus *tub*, 1(um) locus LSU (NEGREIROS *et al.*, 2019). Essa espécie é morfológicamente próxima a *M. eutypoides*, com 1(um) a três ascósporos por asca (NEGREIROS *et al.*, 2019). *M. nordestinus* tem temperatura de crescimento ótima de 32,4 °C, enquanto *M. eutypoides* tem faixa de crescimento ótima de 29,38 °C a 29,49 °C (BEN SALEM *et al.*, 2013). A taxa de crescimento micelial observada em BDA foi de 92 mm e 96 mm por dia a 30 °C e 35 °C, respectivamente, sem crescimento observado a 10 °C e 45 °C (NEGREIROS *et al.*, 2019). Ascocarpos puderam ser produzidos nos meios de cultivo BDA, PCA (meio padrão para contagem), beterraba sacarina-ágar e meio V8-ágar, no entanto não pôde ser observada germinação de ascósporos em nenhum dos meios e temperaturas estudados (NEGREIROS *et al.*, 2019).

Em *M. semiaridus*, espécie coletada no município de Limoeiro do Norte, Ceará, associado a raízes de *T. portulacastrum*, 2014, R. Sales Júnior (CMM 4830), a forma assexual não pôde ser observada; 163 polimorfismos a diferenciam de *M. brasiliensis*, uma espécie filogenética mais próxima, sendo 51 locus ITS (31 indels), 60 locus *tef-1 α* (14 indels), 45 locus *tub* (quatro indels), seis locus LSU (dois indels), 1(um) locus SSU. O micélio cottonoso apresentou taxa de crescimento observada em BDA de 96 mm por dia, nas duas temperaturas (30 °C e 35 °C), respectivamente, sem crescimento observado a 10 °C e 45 °C. A temperatura ótima de crescimento foi de 31,3 °C. Ascocarpos puderam ser produzidos em meio beterraba sacarina-ágar e meio V8-ágar; todavia a germinação de ascósporos não foi obtida em nenhum dos meios e temperatura estudados. Ascocarpos superficiais a semi-imersos, dispersos, de globosos a hemisféricos, não ostiolados, marrons-escuros, diâmetro de 546 μ m; ascas com único esporo, fasciculados, de clavados a subcilíndricos, paredes espessas, com estipe, redondo no ápice e evanescente, diâmetro de 67,1 \times 43,7 μ m. Ascósporos com uma célula apenas, formato globoso, com paredes espessas e lisas, hialinas na fase jovem a marrom-escuro após maturação, com diâmetro de 43,2 μ m, sem esporos germinativos; com paráfises numerosas, filiformes e hialinas (NEGREIROS *et al.*, 2019).

2.3. Identificação de fontes de resistência

Os ascósporos de *M. cannonballus* apresentam paredes celulares espessas, como estruturas de sobrevivência no solo resistentes à dessecação (MEDEIROS *et al.*, 2006), o que dificulta o controle químico, sendo necessário o desenvolvimento de métodos de controle mais eficientes. Uma das melhores alternativas para o controle do declínio das ramas é o uso de cultivares resistentes. O controle genético apresenta-se como a opção mais econômica, eficiente e ambientalmente aceitável.

Esforços para identificar fontes de resistência a *M. cannonballus* foram relatados na literatura. Alguns estudos foram realizados em busca de genótipos resistentes e potenciais, para uso em programas de melhoramento, como seleção de porta-enxertos de meloeiro resistentes (PARK *et al.*, 2013), seleção de porta-enxertos de abóbora resistentes (BEN SALEM *et al.*, 2015), seleção de cultivares de meloeiro resistentes (SALARI *et al.*, 2012; SALES JÚNIOR *et al.*, 2019). Um híbrido F1 ‘Greenpower’ com resistência múltipla a *Fusaarium oxysporum* Schlechtend. Fr. f. sp. *melonis* (Leach & Currence) Snyder & Hans raça 1 e *M. cannonballus*, patógenos causadores da podridão radicular e declínio das ramas, foi lançado (YUN-CHAN *et al.*, 2016). Em melão, fontes com resistência moderada como F35a, P6a (COHEN *et al.*, 1996), ‘Sfidak khatdar’ e ‘Sfidak bekhat’ (SALARI *et al.*, 2012), bem como elevada resistência; 20608, 20747, 20826 (CROSBY *et al.*, 2001), foram identificadas.

O uso da enxertia, em muitas partes do mundo, é uma prática rotineira em sistemas agrícolas (CÁCERES *et al.*, 2017). Determinados porta-enxertos alteram a fisiologia da planta, podendo aumentar o vigor da planta, a absorção de nutrientes, aumentar a resistência a doenças relacionadas ao solo, tolerar as condições adversas ao ambiente, como flutuações de temperaturas do solo, salinidade, entre outros. Os porta-enxertos mais adequados às culturas de Cucurbitaceae são híbridos interespecíficos entre *Cucurbita maxima* Duchesne e *Cucurbita moschata* Duchesne, pois toleram estresses bióticos e abióticos; além disso, porta-enxertos de híbridos *Cucurbita* apresentam boa emergência e hipocótilos longos e espessos que são mais adequados para a enxertia (DAVIS *et al.*, 2008).

Em estudo que avaliou o sucesso de enxertia (pegamento), a resistência ao declínio das ramas e alterações da qualidade dos frutos de meloeiro da cv. ‘Sawadi’ enxertada, em seis porta-enxertos de abóbora, obteve-se pegamento superior a 95 % em dois experimentos (outono/2012 e primavera/2013, Sultanato de Omã). Nesse estudo, as características de qualidade dos frutos (odor, firmeza, forma do fruto, vitamina C da polpa, micronutrientes sólidos solúveis, exceto o pH, no ano 2013) não foram afetadas entre os dois experimentos

entre os seis tratamentos e o controle. Os teores de sódio e fósforo, porém foram reduzidos em relação ao tratamento controle. Os resultados foram promissores ao porta-enxerto ‘Strong Tosa’, que apresentou 100 % de sucesso na enxertia, alta resistência ao declínio das ramas, alta produtividade e alto teor de sólidos solúveis totais (AL-MAWAALI *et al.*, 2019).

Em estudo de compatibilidade de porta-enxertos resistente a *M. cannonballus*, realizado por Demartelaere (2011), os genótipos apresentaram melhores níveis de pegamento PEC-01 60 %, PES-07 35 % e PEK-05 30 %. Esse baixo nível de pegamento deve-se à afinidade entre materiais genéticos, incluindo diferenças de lignificação, diferentes mecanismos moleculares de reconhecimento que afetam a compatibilidade nos tecidos lesionados.

Um aspecto importante nas avaliações visando identificar fontes de resistência a determinado patógeno diz respeito às metodologias de avaliação. Diversas metodologias podem ser elaboradas, para a avaliação de virulência dos patógenos, por meio de observação da severidade dos ataques nos tecidos das plantas, como danos no hipocótilo, em raízes primárias e secundárias, redução de área foliar (BRUTON *et al.*, 2000). Nesses estudos de patogenicidade, diversos métodos de inoculação podem ser adotados, como inoculação do solo com ágar colonizado com o fungo (UEMATSU; ONOGI; WATANABE, 1985; TSAY; TUNG, 1995; MARTYN; MILLER, 1996; PIVONIA *et al.*, 1997), cascas de aveia em mistura com areia em vasos (MERTELY *et al.*, 1993; KARLATTI; ABDEEN; AL-FEHAID, 1997; PIVONIA *et al.*, 1997), grãos de sorgo colonizados por fungos e incorporadas ao solo (LOVIC *et al.*, 1994) etc. Esses trabalhos comprovaram a efetividade dos vários métodos de inoculação.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

- Estudar a patogenicidade de espécies de *Monosporascus* em genótipos de meloeiro.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar os acessos de meloeiro resistentes a espécies de *Monosporascus*.
- Identificar as espécies de *Monosporascus* de maior virulência.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Germoplasma

Os genótipos de meloeiro avaliados foram duas cultivares comerciais ('HBJ' - *Hales Best Jumbo*, 'Goldex') e dois acessos (A-16, C-32 sin. Pat 81) que compõem o banco de germoplasma de cucurbitáceas da UFERSA, sendo 'HBJ' do grupo botânico *cantaloupensis*, 'Goldex' do grupo *inodorus*, A-16 do grupo *acidulus* e C-32 do grupo *conomon*.

4.2. Isolados de *Monosporascus*

Os isolados das espécies foram usados neste trabalho foram *M. semiaridus* (CMM 4830), *M. brasiliensis* (CMM 4839), *M. caatinguensis* (CMM 4833), *M. mossoroensis* (CMM 4857), *M. nordestinus* (CMM 4846), *M. cannonballus* (CMM 2386) registrados na Coleção Cultural de Fungos Fitopatogênicos "Profa. Maria Menezes" da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CMM).

4.3. Condições ambientais da pesquisa

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação no Campus da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), no período de 5/8/19 a 23/9/19, no município de Mossoró-RN (5°11'15" S, 37°20'39" O). O experimento foi realizado três vezes. O clima do município de Mossoró, segundo classificação de Köppen é BSw^h, é clima seco, muito quente e com estação chuvosa que se estende do verão ao outono, com temperatura média de 27,5 °C, precipitação pluviométrica anual média de 670 mm, umidade relativa do ar média de 68,9 %. A temperatura máxima e mínima no período foi de 34,4 e 19 °C (média 26,7 °C).

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, em esquema fatorial 4 (genótipos de meloeiro) x 6 (espécies de *Monosporascus*), totalizando 24 tratamentos (patossistemas). As sementes dos acessos foram semeadas em bandeja com substrato 2:1 (areia:Topstrato®) autoclavado duas vezes com intervalo de 24 h. O mesmo substrato foi utilizado, a fim de preencher os vasos (500 mL), que foram usados para conduzir as plantas.

4.4. Inoculação artificial

Para preparação do inóculo, as espécies de *Monosporascus* foram multiplicadas em meio BDA (batata-dextrose-ágar) esterilizado. O meio de cultura, contendo o micélio de cada placa de Petri, foi diluído em 300 mL de água destilada e esterilizada, e misturado com o auxílio do liquidificador. Foi feita inoculação com 10 mL de suspensão micelial de cada espécie de *Monosporascus*. O substrato foi incubado por sete dias e, em seguida, foi feito o transplante das mudas (15 dias de idade). As plantas foram irrigadas diariamente.

4.5. Avaliação da doença

A avaliação foi feita aos 50 dias após transplante. Foi feita a remoção das raízes e a retirada do substrato foi feita com água da torneira. As variáveis analisadas foram severidade (*rank*), com escala de notas propostas por (ARMENGOL *et al.*, 1998; ARMENGOL *et al.*, 1999) e a matéria seca da raiz.

A escala de notas variou de 0 a 4, em que 0: sem sintomas; 1: descoloração suave (ou podridão <10 % das raízes); 2: descoloração moderada (ou podridão de 25 a 35 % das raízes); 3: morte de raízes secundárias (ou podridão em 50 % das raízes); 4: necrose total das raízes (ou morte da planta). A reação média foi calculada pela soma dos escores de cada genótipo e dividido pelo número total de plantas avaliadas. Assim, foram separadas as seguintes classes de genótipos: 0: similar a imune; 0,1-1,0: altamente resistente; 1,1-2,0: moderadamente resistente; 2,1-3,0: susceptível; 3,1-4,0: altamente susceptível (SALES JÚNIOR *et al.*, 2019).

4.6. Análise de dados

Como a variável severidade não possui os resíduos normalmente distribuídos, os valores originais foram transformados de acordo com a metodologia de *ranks* alinhados transformados (ART) para análises fatoriais não paramétricas (WOBBROCK *et al.* 2011). Realizou-se a análise de variância para os *ranks* da variável severidade e para o índice redução da matéria seca. O índice de redução da matéria seca ($RI_{(DM)}$) foi calculado pela seguinte expressão: $RI_{(DM)} = (DM_c - DM_i) / (DM_c)$, onde DM_c : matéria seca do acesso sem a inoculação e DM_i : matéria seca do acesso inoculado com uma das espécies. Para o agrupamento das médias dos acessos e das espécies foi utilizada a metodologia de Scott-

Knott (5 % de probabilidade). Estimou-se o coeficiente de correlação de Spearman para verificar a associação entre a severidade e o índice de massa seca.

Foi utilizado o modelo GGE Biplot para testar a interação acesso-espécie (YAN; KANG, 2003). O modelo GGE Biplot leva em consideração apenas o efeito do genótipo e da interação genótipo-espécie, não separando o efeito do genótipo da interação genótipo-espécie, mantendo o efeito multiplicativo e é assim descrito: $Y_{ij} - \mu - \alpha_i - \beta_j = g_{i1}e_{i1} + g_{i2}e_{i2} + e_{ij}$, onde Y_{ij} é o desempenho do genótipo i na espécie j ; μ é a média geral das observações; α_i é o efeito principal do genótipo i ; β_j é o efeito principal do espécie j ; g_{i1} e e_{i1} são denominados escores principais do genótipo i e espécie j , respectivamente; g_{i2} e e_{i2} são os escores secundários ao genótipo i e espécie j , respectivamente; e_{ij} é o resíduo não explicado por ambos os efeitos.

Todas as análises foram processadas no programa R (R CORE TEAM, 2020). Utilizou-se a metodologia descrita por Scott e Knott (1974) para agrupar as classificações médias de acessos.

5. RESULTADOS

Observou-se efeito significativo de acessos ($p < 0,01$), indicando heterogeneidade entre os materiais avaliados quanto à severidade. Todavia não se verificou efeito significativo de espécies (Tabela 1). Houve efeito significativo da interação entre acessos e espécies ($p < 0,01$), indicando comportamento diferenciado dos acessos em função das seis espécies inoculadas. Quando há ocorrência de interação entre dois fatores, não há mais sentido em enfocar os efeitos principais (espécie e acesso), mas apenas estudar a interação.

Quando inoculados com a espécie *M. brasiliensis*, verificou-se a formação de dois grupos de acessos (Tabela 1). Os acessos A-16 e 'HBJ' com maiores ranks médios compuseram o primeiro grupo, enquanto C-32 e 'Goldex', o segundo. Observou-se a formação de dois grupos de acessos, quando os inóculos foram as espécies *M. caatinguensis* e *M. nordestinus*, sendo o acesso A-16 com menor rank médio (severidade). Este acesso, portanto, foi o mais resistente às referidas espécies. Os acessos foram reunidos em um único grupo quando inoculados por com as espécies *M. cannonballus*, *M. mossoroensis* e *M. semiaridus*.

Tabela 1. Teste Scott-Knott para ranks médios e médias originais da severidade em acessos de meloeiro inoculados com *Monosporascus* spp. Mossoró-RN, 2020.

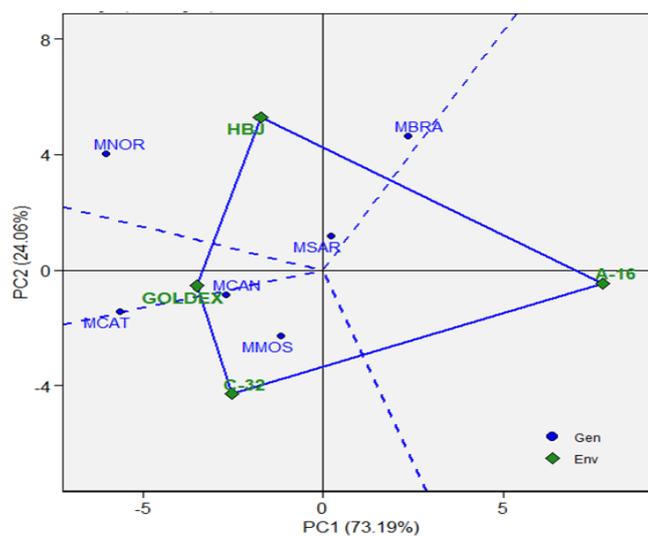
Espécie	Acesso				Média
	A-16	C-32	‘Goldex’	‘HBJ’	
<i>M. brasiliensis</i>	80,5aA	38,3bA	53,8bA	84,8aA	64,4
<i>M. cannonballus</i>	29,5aB	55,9aA	65,0aA	47,1aB	49,4
<i>M. caatinguensis</i>	14,5bB	78,1aA	78,1aA	59,8aB	57,7
<i>M. mossoroensis</i>	50,9aA	71,4aA	64,7aA	48,8aB	61,2
<i>M. nordestinus</i>	14,5bB	62,6aA	80,2aA	96,0aA	63,3
<i>M. semiaridus</i>	71,4aA	55,9aA	78,1aA	70,0aB	68,9
Média	45,1	60,4	69,9	67,9	
Efeito	gl ₁	gl ₂	Teste (Tipo III – Wald)		
			F	χ^2	
Acessos (A)	3	96	4,84**	14,53**	
Espécie (E)	5	96	1,08 ^{ns}	5,42 ^{ns}	
A x E	15	96	3,01**	45,07**	

**,: Significativo a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$) pelos teste F e Qui-quadrado (χ^2). Gl₁: graus de liberdade do numerador; gl₂: graus de liberdade do denominador. ‘HBJ’: *Hales Best Jumbo*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha pertencem ao mesmo grupo conforme metodologia de Scott-Knott ($p > 0,05$).

As espécies formaram dois grupos ao serem inoculadas no acesso A-16 (Tabela 1). As espécies pertencentes ao primeiro grupo, mais agressivas (maior rank médio), foram *M. brasiliensis*, *M. mossoroensis* e *M. semiaridus*. Quando inoculadas em ‘HBJ’, as espécies foram discriminadas em um primeiro grupo composto por *M. brasiliensis* e *M. nordestinus*. Essas duas espécies foram mais agressivas ao referido acesso. No segundo grupo, foram agregadas as demais espécies. Quando inoculadas no acesso C-32 e Goldex, as espécies formaram um único grupo.

A metodologia GGE Biplot pode ser utilizada para estudar o efeito não aditivo (interação) entre patógenos e hospedeiros. No gráfico Biplot, os dois eixos explicaram conjuntamente 97,25 % da variação total da interação entre espécies e acessos. O polígono formado foi composto por quatro vértices (Figura 1A). Em cada vértice está situado um acesso inoculado, que possuem o maior rank médio no seu respectivo setor, sendo, portanto, aquele com maior severidade.

A



B

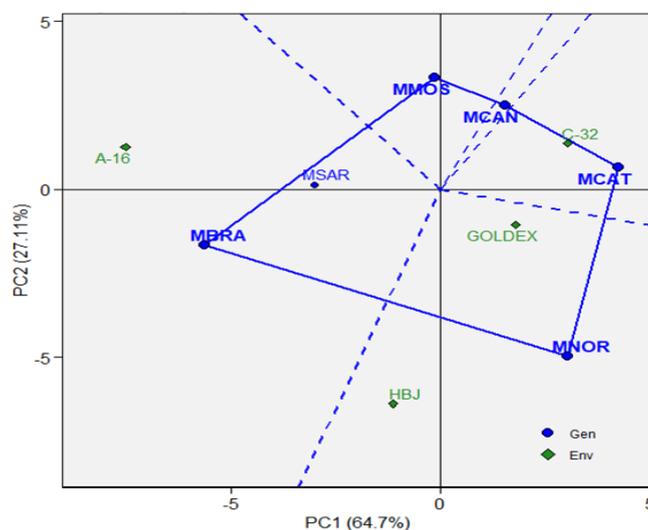


Figura 1. (A) GGE Biplot com a distribuição de genótipos (nos vértices) inoculados com seis espécies do gênero *Monosporascus*. (B) GGE Biplot com a distribuição de espécies do gênero *Monosporascus* (nos vértices) inoculados em quatro acessos de meloeiro. MBRA: *M. brasiliensis*, MCAN: *M. cannonballus*, MCAT: *M. caatinguensis*, MMOS: *M. mossoroensis*, MNOR: *M. nordestinus* e MSAR: *M. semiaridus*.

No sentido anti-horário, o primeiro vértice foi constituído pelo acesso ‘HBJ’. Para o referido acesso, as espécies *M. nordestinus*, *M. brasiliensis* e *M. semiaridus* foram mais virulentas em relação às demais. No segundo vértice, está o acesso ‘Goldex’ que tem ranks médios elevados em relação às espécies *M. caatinguensis*. O acesso C-32, no terceiro vértice, esteve associado com o maior rank médio (maior severidade) quando inoculados com as espécies *M. cannonballus* e *M. mossoroensis*. O acesso A-16, situado no quarto vértice, não interagiu com as espécies e apresentou menor severidade (maior desempenho) quando inoculado com as espécies.

A modelagem GGE Biplot também permite o estudo no sentido oposto, ou seja, alocando nos vértices as espécies (Figura 1B). As seis espécies foram alocadas em cinco vértices do polígono do gráfico GGE Biplot. No sentido anti-horário, a espécie *M. brasiliensis*, no segundo vértice, interagiu mais com os acessos A-16, enquanto a espécie *M. nordestinus*, no terceiro vértice, interagiu com ‘Goldex’ e ‘HBJ’. A espécie *M. caatinguensis*, localizada no quarto, apresentou interação com o acesso C-32.

A espécie *M. caatinguensis* apresentou maior desempenho (maior virulência) por estar mais à direita no eixo x, ou seja, foi a espécie que mais se adaptou (pela proximidade no gráfico) ao acesso C-32. Pelo contrário, a espécie *M. brasiliensis* apresentou menor desempenho (menor virulência), seguido por *M. semiaridus*. As demais espécies apresentaram baixa estabilidade, pela maior distância da origem (o) no eixo y.

Foi possível classificar os acessos em função da reação às seis espécies inoculadas (Figura 2). O acesso A-16 foi altamente resistente à *M. nordestinus*, *M. caatinguensis* e *M. cannonballus*, medianamente resistente à *M. mossoroensis* e *M. semiaridus*, mas suscetível à *M. brasiliensis*. O acesso C-32 foi suscetível à espécie *M. caatinguensis*, porém moderadamente resistente às demais espécies. A cultivar ‘Goldex’ foi suscetível às espécies *M. caatinguensis*, *M. nordestinus* e *M. semiaridus* e moderadamente resistente à *M. brasiliensis*, *M. cannonballus* e *M. mossoroensis*. A cultivar ‘Hales Best Jumbo’ (‘HBJ’) foi suscetível às espécies *M. brasiliensis* e *M. nordestinus* e moderadamente resistente às demais.

Não se observou efeito de acessos e de espécies para o índice de redução da matéria seca, mas a presença da interação espécies x acessos (Tabela 2). Quando inoculados com a espécie *M. brasiliensis*, os acessos foram agrupados em dois grupos, sendo o primeiro grupo formado por A-16 e o segundo pelos demais acessos. Os acessos foram discriminados em dois grupos quando inoculados pela espécie *M. cannonballus*. O primeiro grupo formado pelo acesso que sofreu maior redução na matéria seca, ‘Goldex’ e o segundo pelos outros acessos. Quando inoculados pela espécie *M. mossoroensis*, o acesso com a menor redução foi A-16 enquanto os demais acessos, com maior média, foram reunidos em um único grupo. Os acessos foram reunidos em dois grupos quando inoculados pela espécie *M. nordestinus*. O grupo com maiores médias, foi composto pelos acessos ‘Goldex’ e HBJ. Os acessos foram alocados em um mesmo grupo quando inoculados pelas espécies *M. caatinguensis* e *M. semiaridus*.

SU	MR	MR	SU	MBRA
HR	MR	MR	MR	MCAN
HR	SU	SU	MR	MCAT
MR	MR	MR	MR	MMOS
HR	MR	SU	SU	MNOR
MR	MR	SU	MR	MSAR
A.16	C.32	Goldex	HBJ	

Figura 2. Reação de quatro acessos de meloeiro a seis espécies do gênero *Monosporascus*. HR: altamente resistente, MR: moderadamente resistente, SU: susceptível. 'HBJ': *Hales Best Jumbo*. MBRA: *M. brasiliensis*, MCAN: *M. cannonballus*, MCAT: *M. caatinguensis*, MMOS: *M. mossoroensis*, MNOR: *M. nordestinus* e MSAR: *M. semiaridus*.

Com relação ao acesso A-16, a espécie *M. brasiliensis* foi a mais virulenta uma vez que provocou uma redução de mais de 50 % na matéria seca do referido acesso, sendo alocado em grupo separado das demais espécies. As espécies foram agrupadas em um mesmo grupo quando inoculadas sobre o acesso C-32. As espécies *M. cannonballus*, *M. brasiliensis*, *M. mossoroensis* e *M. nordestinus*, reunidas em um mesmo grupo, foram mais virulentas sobre o acesso 'Goldex'. As espécies foram reunidas em dois grupos quando inoculadas sobre o acesso 'HBJ'. O primeiro grupo formado pela espécie *M. nordestinus*, mais virulenta, enquanto o segundo pelas demais espécies.

Tabela 2. Desdobramento dos índices de redução da matéria seca em acessos de meloeiro inoculados com *Monosporascus* spp. Mossoró-RN, 2020.

Espécie	Acesso			
	A-16	C-32	‘Goldex’	‘HBJ’
	Índice de Redução radicular (g)			
<i>M. brasiliensis</i>	0,53aA	0,38bA	0,45bA	0,26bB
<i>M. cannonballus</i>	0,30bB	0,24bA	0,58aA	0,10bB
<i>M. caatinguensis</i>	0,17aB	0,17bA	0,32aB	0,27aB
<i>M. mossoroensis</i>	0,24bB	0,46aA	0,40aA	0,36aB
<i>M. nordestinus</i>	0,26bB	0,21bA	0,46aA	0,59aA
<i>M. semiaridus</i>	0,39aB	0,29aA	0,25aB	0,23aB
Efeito	gl ₁	gl ₂	Teste (F de Snedecor)	
Acessos (A)	3	96	2,01 ^{ns}	
Espécie (E)	5	96	2,25 ^{ns}	
A x E	15	96	1,91 [*]	

^{**}, ^{*}: Significativo a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$) pelos teste de Snedecor. Gl₁: graus de liberdade do numerador; gl₂: graus de liberdade do denominador. ‘HBJ’: *Hales Best Jumbo*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha pertencem ao mesmo grupo conforme metodologia de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Foram estimados os coeficientes de correlação entre a severidade e o índice de redução da matéria seca dentro de cada acesso e de cada espécie. Contataram-se valores significativos, em praticamente todos os acessos e espécies, sendo a única exceção o acesso ‘C-32’ e as espécies *M. brasiliensis* e *M. semiaridus* (Figura 3). O sinal positivo indica que as duas variáveis crescem no mesmo sentido, isto é, são diretamente proporcionais. Quando a severidade aumenta há uma redução da matéria seca da planta. A correlação, considerando todos os dados, também, seguiu a mesma tendência, valor negativo e significativo ($r = 0,58^*$).

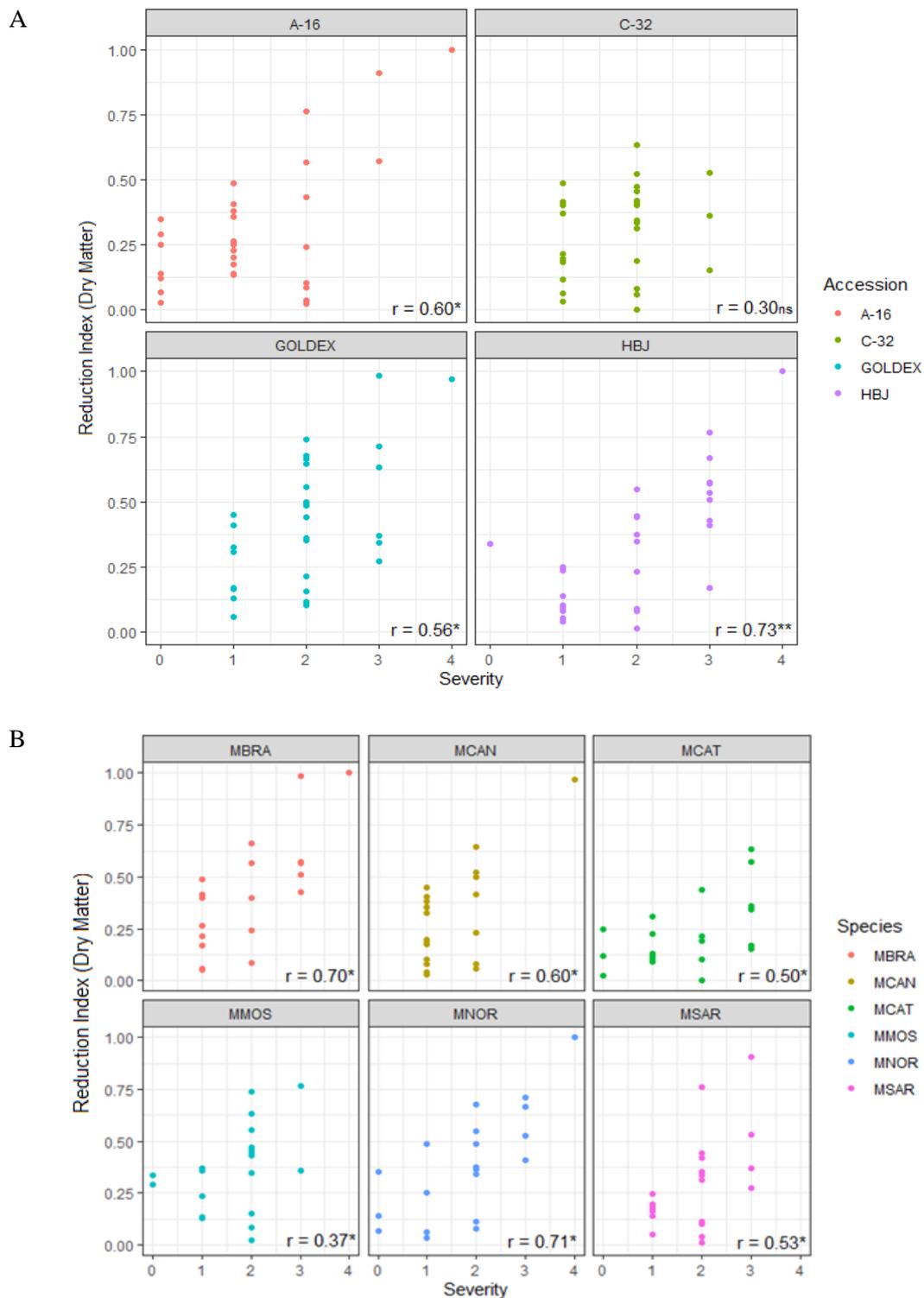


Figura 3. Estimativas do coeficiente de correlação de Spearman entre a severidade e o índice de redução da matéria seca das raízes dentro de cada acesso e espécie. Mossoró-RN, 2020. MR: moderadamente resistente, SU: susceptível. 'HBJ': *Hales Best Jumbo*. MBRA: *M. brasiliensis*, MCAN: *M. cannonballus*, MCAT: *M. caatinguensis*, MMOS: *M. mossoroensis*, MNOR: *M. nordestinus* e MSAR: *M. semiaridus*.

6. DISCUSSÃO

Até o presente momento não havia nenhum relato sobre a virulência de outras espécie de *Monosporascus* em genótipos de meloeiro. Sabia-se apenas que o declínio das ramas do meloeiro é uma síndrome causada pelas espécies *M. cannonballus* e *M. eutypoides* em melão e melancia ao redor do mundo (CASTRO *et al.*, 2020). Não obstante, foram identificadas cinco novas espécie de *Monosporascus* isoladas nas ervas daninhas *Boerhavia diffusa* L. e *Trianthema portulacastrum* Linn., comuns em campos de produção de meloeiro do Nordeste brasileiro (NEGREIROS *et al.*, 2019). O presente trabalho é o primeiro relato da patogenicidade e virulência das espécies *M. brasiliensis*, *M. caatinguensis*, *M. mossoroensis*, *M. nordestinus* e *M. semiaridus* no meloeiro no Brasil e no mundo, até o nosso conhecimento. Esse fato é muito importante pois as referidas espécies têm potencialmente de causar enfermidades no meloeiro.

Outro aspecto importante do trabalho é o fato de as espécies possuírem um comportamento diferencial em função dos genótipos. Apesar disso, verificou-se que as espécies *M. cannonballus*, notória causadora de problemas de declínio das ramas ao redor do mundo (SARPELEH, 2008; AL-MAWAALI, 2013; YAN *et al.*, 2016; MARKAKIS *et al.*, 2018) e a nova espécie *M. mossoroensis* foram as menos virulentas uma vez que nenhum dos acessos foi classificado como susceptível a ambas as espécies, inclusive o acesso A-16 foi altamente resistente à espécie *M. cannonballus*. As espécies de resistência moderada ou alta resistência (A-16) quando inoculados separadamente com cada uma dessas espécies. Por outro lado, as demais espécies de *Monosporascus* causaram reação de suscetibilidade em pelo menos um dos acessos (Figura 1). Ressalta-se que foi utilizado um número restrito de acessos no presente estudo na busca de material resistente, portanto são necessários mais estudos que contemplem um maior número de acessos.

Com relação à reação dos acessos no presente trabalho, merece destaque o fato de todos serem altamente ou moderadamente resistentes à espécie *M. cannonballus*, que foi identificada no Brasil em campos de melão (SALES JÚNIOR *et al.*, 2003) e posteriormente em melancia (SALES JÚNIOR *et al.*, 2010). É uma das espécies mais isoladas em raízes de melão no semiárido brasileiro (MARINHO *et al.*, 2002) juntamente com *Macrophomina phaseolina* e *Fusarium solani* (AMBRÓSIO *et al.*, 2015). Portanto, a identificação de acessos resistentes a *M. cannonballus* é relevante. Algumas fontes com resistência moderada como F35a, P6a (COHEN *et al.*, 1996), ‘Sfidak khatdar’ e ‘Sfidak bekhat’ (SALARI *et al.*, 2012),

bem como elevada resistência, 20608, 20747, 20826 (CROSBY *et al.*, 2001), foram identificadas.

Na Espanha, sob condições de campo e infestação artificial em casa de vegetação, identificou-se o acesso Pat 81, pertencente à subespécie *agrestis*, com alto nível de tolerância (ESTEVA; NUEZ, 1994; IGLESIAS; NUEZ, 1998, IGLESIAS *et al.*, 1999, 2000a, b). Este material foi utilizado em um programa de melhoramento por retrocruzamentos que gerou linhagens de melão Pele de Sapo resistentes (FITA *et al.*, 2009a, b). O acesso C-32 utilizado no presente trabalho é o Pat 81 que apresentou resistência moderada a cinco espécies, mas foi suscetível à *M. caatinguensis*. Os resultados do presente trabalho confirmam a importância desse material como fonte de resistência, porém, relata, pela primeira vez, sua susceptibilidade a uma espécie de *Monosporascus*.

O acesso ‘Hales Best Jumbo’ (‘HBJ’) foi moderadamente resistente à espécie *M. cannonballus* bem como, *M. caatinguensis*, *M. mossoroensis* e *M. semiaridus*. Em um dos primeiros esforços para identificar fontes de resistência a *M. cannonballus*, Mertely *et al.*, (1993) concluíram que *Hales Best Jumbo*, *Honey Dew Green Flesh, Improved, Cruiser, Durango*, PI 12411 e *Laredo* eram tolerantes ao fungo. Por outro lado, ‘HBJ’ mostrou-se suscetível às espécies *M. brasiliensis* e *M. nordestinus*.

O híbrido ‘Goldex’ foi suscetível às espécies *M. caatinguensis*, *M. nordestinus* e *M. semiaridus* (Figura 1). Além disso foi aquele que apresentou sempre valores elevados do índice de redução da matéria seca do sistema radicular (Tabela 2). Este híbrido também é altamente suscetível ao oídio (*Podosphaera xanthii*) e à mosca minadora (*Liriomyza sativa*) mas ainda é o preferido em razão da sua alta qualidade e pós-colheita do fruto. Estima-se que a maior parte da área de melão no semiárido brasileiro (em torno de ~22.000 ha por ano) seja cultivada com ‘Goldex’ nos últimos 15 anos. As informações do trabalho mostram a fragilidade potencial do híbrido ‘Goldex’. Por outro lado, uma estratégia de melhoramento futuro seja obter cultivares de amarelo resistentes aos principais patógenos e com *background* ‘Goldex’.

O acesso A-16 foi o acesso mais promissor uma vez que foi altamente resistente a três espécies (*M. cannonballus*, *M. caatinguensis* e *M. nordestinus*) e moderadamente resistente a duas (*M. mossoroensis* e *M. semiaridus*). Em adição, possui valores menores do índice de redução da matéria seca do sistema radicular (Tabela 2). O acesso A-16 tem frutos com elevada firmeza do mesocarpo, elevada acidez titulável, baixo teor de sólidos solúveis (DANTAS *et al.*, 2015) e resistência à espécie fúngica *Myrothecium roridum* (NASCIMENTO *et al.*, 2012). O acesso pertence ao grupo botânico *acidulus*, comum

especialmente na Índia, e tem fornecido muitas fontes de resistência a patógenos como fungo e vírus e a insetos (DHILLON *et al.*, 2012).

Um aspecto que merece destaque em programas de melhoramento é o fato de que a tolerância em meloeiro a *M. cannonballus* está estritamente relacionada ao sistema radicular. No presente trabalho foi estimado somente a matéria seca da raiz dos genótipos, além da severidade dos danos. Verificou-se associação positiva e significativa entre a severidade e o índice de redução da raiz, isto é, quanto maior a severidade menor é o teor da matéria seca das raízes das plantas inoculadas quando comparadas com as plantas não inoculadas (Figura 3). Crosby (2000) observaram que cultivares resistentes têm maiores médias para o comprimento total da raiz, o diâmetro médio da raiz, o número de ramificações da raiz, o número de raízes finas (0,0-0,5 mm) e o número de raízes pequenas (0,5-1,0 mm) em comparação com as cultivares suscetíveis. A tolerância do acesso Pat 81 (C-32) é explicada pelo elevado vigor e ramificação pronunciada do seu sistema radicular. Este acesso tem elevada massa radicular, mesmo quando infectado, quando comparado à cultivar suscetível Pioñet (DIAS *et al.*, 2002).

Deve ser ressaltado que a inoculação realizada na presente pesquisa utilizou uma suspensão micelial, visto que algumas espécies de *Monosporascus* não puderam ser induzidas à esporulação (NEGREIROS *et al.*, 2019). De fato, diversas metodologias podem ser elaboradas para a avaliação da virulência e patogenicidade das espécies fúngicas, por meio da observação da severidade dos ataques nos tecidos das plantas, como danos no hipocótilo, nas raízes primárias e secundárias ou redução de área foliar (BRUTON *et al.*, 2000). Nesses estudos de patogenicidade, diversos métodos de inoculação podem ser adotados, como inoculação do solo com ágar colonizado com o fungo (UEMATSU, ONOGI; WATANABE, 1985; TSAY; TUNG, 1995; MARTYN; MILLER, 1996; PIVONIA *et al.*, 1997), cascas de aveia em mistura com areia em vasos (MERTELY *et al.*, 1993; KARLATTI; ABDEEN; AL-FEHAID, 1997; PIVONIA *et al.*, 1997), grãos de sorgo colonizados por fungos e incorporadas ao solo (LOVIC *et al.*, 1994) etc. Esses trabalhos comprovaram a efetividade dos diversos métodos de inoculação nos estudos de patogenicidade e virulência.

O presente trabalho apresenta o primeiro estudo de severidade das espécies de *Monosporascus* descritas no Brasil em comparação com *M. cannonballus*, a espécie desse gênero mais distribuída e estudada mundialmente.

O acesso A-16 foi identificado como resistente à maioria das espécies. Além disso, confirmou-se o valor do acesso Pat 81 (C-32) como fonte de resistência. Estes acessos podem ser utilizados em programas de melhoramento clássico e, ou, como porta-enxertos. Com

relação ao Pat 81, foi utilizado como fonte de resistência em um programa de retrocruzamento que gerou linhagens Pele de Sapo resistentes ou tolerantes a *M. cannonballus* e com frutos de excelente qualidade (teor de sólidos solúveis totais >12 %) (FITA *et al.*, 2009a, b). Na segunda alternativa, Pat 81 foi utilizado como porta-enxerto com excelentes resultados. Plantas enxertadas sobre o referido acesso tiveram poucos sintomas e boa qualidade de frutos quando comparadas a plantas enxertadas sobre porta-enxertos do gênero *Cucurbita*. Além disso, não se observou incompatibilidade ao se utilizar o acesso Pat 81 como porta-enxerto (FITA *et al.*, 2007).

7. CONCLUSÃO

- A virulência das espécies de *Monosporascus* depende dos acessos de meloeiro.
- As espécies brasileiras estudadas *M. brasiliensis*, *M. caatinguensis* e *M. nordestinus* foram mais virulentas que a espécie *M. cannonballus*.
- O acesso de meloeiro mais promissor para uso em programas de melhoramento foi o A-16 com resistência às espécies estudadas com exceção de *M. brasiliensis*.

REFERÊNCIAS

- AL-MAWAALI, Q. S.; AL-SADI, A. M.; AL-SAID, F. A.; DEADMAN, M. L. Etiology, development and reaction of muskmelon to vine decline under arid conditions of Oman. **Phytopathologia Mediterranea**, Florence, v. 52, p. 457-465, 2013.
- AL-MAWAALI, Q. S.; AL-SADI, A.; AL-SAID, F. A.; RAHMAN, M. S.; AL-ZAKWANI, I.; ALI, A.; AL-YAHYAI, M.; DEADMAN, M. L. Effect of grafting on resistance to vine decline disease, yield and fruit quality in muskmelon cv. Sawad. **Journal of Agricultural and Marine Sciences**, Qaboos, v. 23, p. 02-10, 2019.
- AL-SADI, A. M.; AL-SAID, F. A.; AL-KIYUMI, K. S.; AL-MAHROUQI, R. S.; AL-MAHMOOLI, I. H.; DEADMAN, M. L. Etiology and characterization of cucumber vine decline in Oman. **Crop Protection**, Guildford, v. 30, p. 192-197, 2011.
- AMBRÓSIO, M. M. Q.; DANTAS, A. C. A.; MARTÍNEZ-PEREZ, E. M.; 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**, New York, v. 203, p. 1-12, 2015.
- 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, p. 327-333, 2005.
- ARMENGOL, J.; SANZ, E.; MARTÍNEZ-FERRER, G.; SALES JÚNIOR, R.; BRUTON, B. R.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. Host range of *Acremonium cucurbitacearum*, cause of *Acremonium* collapse of muskmelon. **Plant Pathology**, Oxford, v. 47, p. 29-35, 1998.
- ARMENGOL, J.; SALES, R.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. Effects of soil moisture and water on survival of *Acremonium cucurbitacearum*. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 147, n. 11-12, p. 737-741, 1999.
- ARMENGOL, J.; JOSÉ, C. M.; MOYA, M. J.; SALES JÚNIOR, R.; VICENT, A.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* race 1, a potential pathogen of grafting watermelon production in Spain. **OEPP Bulletin**, Paris, v. 30, p. 179-183, 2000.
- ARMENGOL, J.; VICENT, A.; MARTÍNEZ-CULEBRAS, P.; BRUTON, B. D.; GARCÍA JIMÉNEZ, J. Identification, occurrence and pathogenicity of *Rhizopycnis vagum* on muskmelon in Spain. **Plant Pathology**, Oxford, v. 52, p. 68-73, 2003.
- BALBINO, D. A. D. Reação de diferentes culturas a *Monosporascus cannonballus*. 2015. 51 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011. Disponível em: http://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/tede/1111/1/DeyseADB_DISSERT.pdf. Acesso em: 25 set. 2019.
- BASIM, E.; BASIM, H.; ABDULAI, M.; BAKI, D.; OZTÜRK N. Identification and characterization of *Didymella bryoniae* causing gummy stem blight disease of watermelon (*Citrullus lanatus*) in Turkey. **Crop Protection**, Guildford, v. 90, p. 150-156, 2016.
- BEN SALEM, I.; CORREIA, K. C.; BOUGHALLEB, N.; MICHEREFF, S. J.; LEÓN, M.; ABAD-CAMPOS, P.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; ARMENGOL, J. *Monosporascus eutypoides*, a cause of root rot and vine decline in Tunisia, and evidence that *M. cannonballus* and *M. eutypoides* are distinct species. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 97, n. 6, p. 737 – 743, 2013.

- BEN SALEM, I.; ARMENGOL, J.; BERBEGEL M.; BOUGHALLEB-M'HAMDI, N. Development of a Screening Test for Resistance of Cucurbits and Cucurbita Hybrid Rootstocks to *Monosporascus cannonballus*. **Tunisia Journal of Plant Protection**, Túnis, v. 10, n. 1, p. 23-34, 2015.
- BRUTON, B. D.; GARCIA-JIMENEZ, J.; ARMENGOL, J.; POPHAM, T. W. Assesment of virulence of *Acremonium cucurbitacearum* and *Monosporascus cannonballus* on *Cucumis melo*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 84, n. 8, p. 907-913, 2000.
- BRUTON, B. D. Soilborne diseases in Cucurbitaceae: pathogen virulence and host resistance. In: Cucurbitaceae. Alexandria: International Society for Horticultural Science, 1998.
- BRUTON, B. D.; CRATER, R. I. N.; ZITTER, T. A.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. (ed.). Compendium of cucurbit diseases. Saint Paul: APS, 1996. p. 49-50.
- BRUTON, B. D.; DAVIS, R. M.; GORDON, T. R. Occurrence of *Acremonium* sp. and *Monosporascus cannonballus* in the major cantaloupe and watermelon growing areas of California. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, p. 754, 1995.
- BURGER, Y.; PARIS, H. S.; COHEN, R.; KATZIR, N.; TADMOR, Y.; LEWINSOHN, E. Genetic Diversity of Cucumis Melo. In: Horticultural reviews, v. 36, n. 1, 2010. p. 165-198.
- CÁCERES, A.; PERPIÑA, G.; FERRIOL, M.; PICÓ, B.; GISBERT, C. New *Cucumis* Rootstocks for Melon: 'UPV-FA' and 'UPV-FMy'. **HortScience**, Alexandria, v. 52, n. 5, p. 792–797, 2017.
- CARTER, W. W. Importance of *Macrophomina phaseolina* in vine decline and fruit rot of cantaloupe in south Texas. **Plant Disease Report**, Saint Paul, v. 63, p. 927-930, 1979.
- CARTER, W. W. Incidence and control of *Myrothecium roridum* on cantaloup in relation to time of fungicide application. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 64, p. 872-874, 1980
- CASTRO, G.; PERPIÑA, G.; ESTERAS, C.; ARMENGOL, J.; PICÓ, B.; PÉREZ-DE-CASTRO, A. Resistance in melon to *Monosporascus cannonballus* and *M. eutypoides*: Fungal pathogens associated with *Monosporascus* root rot and vine decline. **Annals of Applied Biology**, Warwick, p. 1–11, 2020.
- CHAMPACO, E. R.; MARTYN, R. D.; MILLER, M. E. Comparison of *Fusarium solani* and *F. oxysporum* as causal agents of fruit rot and root rot of muskmelon. **HortScience**, Alexandria, v. 28, p. 1174-1177, 1993.
- COHEN, R.; ELKIND, Y.; BURGER, Y.; OFFENBACH, R.; NERSON, H. Variation in the response of melon genotypes to sudden wilt. **Euphytica**, New York, v. 87, n.1, p. 91-95, 1996.
- COHEN, R.; OMARI, N.; PORAT, A.; EDELSTEIN, M. Management of *Macrophomina* wilt in melons using grafting or fungicide soil application: pathological, horticultural and economical aspects. **Crop Protection**, Guildford, v. 35, p. 58-63, 2012a.
- COHEN, R.; PIVONIA, S.; CROSBY, K. M.; MARTYN, R. D. Advances in the biology and management of *Monosporascus* vine decline and wilt of melons and other cucurbits. **Horticultural Reviews**, New York, v. 39, n. 1, p. 77-120, 2012b.

- COHEN, R.; ELKABETZ, M.; EDELSTEIN, M. Variation in the responses of melon and watermelon to *Macrophomina phaseolina*. **Crop Protection**, Guildford, v. 85, p. 46-51, 2016.
- COLLADO, J.; GONZÁLEZ, A.; PLATAS, G.; STCHIGEL, A. M.; GUARRO, J.; PELÁEZ, F. *Monosporascus ibericus* sp. nov., an endophytic ascomycete from plants on saline soils, with observations on the position of the genus based on sequence analysis of the 18S rDNA. **Mycological Research**, Cambridge, v. 106, p. 118-127, 2002.
- CROSBY, K.; WOLFF, D.; MILLER, M. Comparisons of root morphology in susceptible and tolerant melon cultivars before and after infection by *Monosporascus cannonballus*. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 4, p. 681–683, 2000.
- CROSBY, K. Narrow-sense heritability estimates for root traits and *Monosporascus cannonballus* tolerance in melon (*Cucumis melo*) by parent-offspring regression. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 510, p. 149-154, 2000.
- CROSBY, K. M. Screening *Cucumis melo* L. *agrestis* germplasm for resistance to *Monosporascus cannonballus*. **Subtropical Plant Science**, Weslaco, v. 53, p. 24–26, 2001.
- CLUCK, T. W.; BILES, C. L.; DUGGAN, M.; JACKSON, T.; CARSON, K.; ARMENGOL, J.; BRUTON, B. D. Association of dsRNA to down-regulation of perithecial synthesis in *Monosporascus cannonballus*. **The Open Mycology Journal**, Sharjah, v. 3, n. 1, p. 9–19, 2009.
- DANTAS, A. C. A.; HOLANDA, I. S. A.; ESTERAS, C.; NUNES, G. H. S.; PICÓ, M. B. Diversity of melon accessions from northeastern Brazil and their relationships with germplasms of diverse origins. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 10, p. 505–517, 2015.
- DAVIS, A. R.; VEAZIE-PERKINS, P.; SAKATA, Y.; LÓPEZ-GALARZA, S.; MAROTO, J. V.; LEE, S. G.; HUH, Y. S.; SUN, Z.; MIGUEL, A.; KING, S. R.; COHEN, R.; LEE, J. M. Cucurbit grafting. **Critical Reviews in Plant Sciences**, West Lane, v. 27, p. 50-74, 2008.
- DEMARTELAERE, A. C. F. Seleção de genótipos de cucurbitáceas a *Monosporascus cannonballus* e compatibilidade de porta-enxertos. 2011. 60 f. Dissertação (Mestrado). 2011. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.
- DHILLON, N. P. S.; MONFORTE, A. J.; PITRAT, M. Melon landraces of India: contributions and importance. **Plant Breeding Reviews**, Hoboken, v. 35, p. 85-150, 2012.
- DIAS, R. C. S.; PICÓ, B.; ESPINOS, A.; NUEZ, F. Resistance to melon vine decline derived from *Cucumis melo* ssp. *agrestis*: genetic analysis of root structure and root response. **Plant Breeding**, Berlin, v. 123, n. 1, p. 66-72, 2004.
- DIAS, R.C.S.; PICÓ, B.; HERRAIZ, J.; ESPINÓS, A.; NUEZ, F. Modifying root structure of cultivated muskmelon to improve vine decline resistance. **HortScience**, Alexandria, v. 37, p.1092-1097, 2002.
- ESTEVA, J.; NUEZ, F. Field resistance to melon dieback in *Cucumis melo* L. **Cucurbit Genetics Cooperative**, Raleigh, v. 17, p. 76–77, 1994.
- FARR, D. F.; MILLER, M. E.; BRUTON, B. D. *Rhizopycnis vagum* gen. et sp. nov., a new Coelomycetous fungus from roots of melons and sugarcane. **Mycologia**, New York, v. 90, p. 290-296, 1998.

- FITA, A.; PICÓ, B.; DIAS, R. C. S.; NUEZ, F. 'Piel de Sapo' Breeding Lines Tolerant to Melon Vine Decline. **HortScience**, Alexandria, v. 44, n. 5, p. 1458-460. 2009a.
- FITA, A.; PICÓ, B.; DIAS, R. C. S.; NUEZ, F. *Cucumis melo* L. New Breeding Lines Tolerant to Melon Vine Decline. **HortScience**, Alexandria, v. 44, n.7, p. 2022-2024, 2009b.
- FITA, A.; PICÓ, B.; ROIG, C.; NUEZ, F. Performance of *Cucumis melo* ssp. *agrestis* as a rootstock for melon. **Journal Horticulture Science Biotechnology**, London, v.82, p. 184-190, 2007.
- GASPAROTTO, F.; VIDA, J. B.; TESSMANN, D. J.; ALVES, T. C. A. Infecção latente de *Didymella bryoniae* em meloeiro nobre. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, p. 62-64, 2011.
- IGLESIAS, A.; PICÓ, B.; NUEZ, F. Resistance to melon dieback in *Cucumis melo* ssp. *agrestis* Pat 81. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 89, S35, 1999.
- IGLESIAS, A.; PICÓ, B.; NUEZ, F. A temporal genetic analysis of disease resistance genes: resistance to melon vine decline derived from *Cucumis melo* var. *agrestis*. **Plant Breeding**, Hoboken, v. 119, n. 4, p. 329–334. 2000a.
- IGLESIAS, A.; PICÓ, B.; NUEZ, F. Pathogenicity of fungi associated with melon vine decline and selection strategies for breeding resistant cultivars. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 137, v. 2, p. 141–151, 2000b.
- IGLESIAS, A., NUEZ, F. Caracterización de diversas entradas de melón frente al colapso o muerte súbita. **Actas de Horticultura**, Madrid-Cádiz, v. 22, p. 139-147, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática: produção agrícola municipal. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2019.
- JEFFREY, C. A review of the Cucurbitaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, cidade, v. 81, p. 233–247, 1980.
- KARLATTI, R. S.; ABDEEN, F. M.; AL-FEHAID, M. S. First report of *Monosporascus cannonballus* on melons in Saudi Arabia. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 81, p. 1214-1216, 1997.
- LOVIC, B. R.; VALDEZ, V. A.; MARTYN, R. D.; MILLER, M. E. Association of dsRNA with reduced aggressiveness and phenotypic variability in *Monosporascus cannonballus*. (Abstr.) **Phytopathology**, Saint Paul, v. 84, p. 776, 1994.
- MALLOCH, D.; CAIN, R. F. New cleistothecial Sordariaceae and a new family, Coniochaetaceae. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 49, p. 869–880, 1971.
- MARINHO, R. E. M.; SALES JÚNIOR, R.; MARACAJÁ, P. B.; SILVA, G. F.; COSTA, F. M.; SILVA, E. C. Identificação da micoflora associada a raízes de meloeiro nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. **Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1, p. 25-28, 2002.
- MARKAKIS, E. A.; TRANTAS, E. A.; LAGOIANNI, C. S.; MPALANTINAKI, E.; PAGOULATOU, M.; VERVERIDIS, F. N.; GOUMAS, D. E. First report of root rot and vine decline of melon caused by *Monosporascus cannonballus* in Greece. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 102, p. 1036, 2018.
- MARTYN, R. D.; MILLER, M. E. *Monosporascus* root rot and vine decline: an emerging disease of melons worldwide. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 80, n. 7, p. 716-725, 1996.

- MEDEIROS, E. V.; SALES JÚNIOR, R.; MICHEREFF, S. J.; BARBOSA, M. R. Quantificação de ascósporos de *Monosporascus cannonballus* em solos não cultivados de Caatinga e em áreas de cultivo de melão do Rio Grande do Norte e Ceará. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 500-504, 2006.
- MERTELY, J. C.; MARTYN, R. D.; MILLER, M. E.; BRUTON, B. D. An expanded host range for the muskmelon pathogen *Monosporascus cannonballus*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 77, p. 667-673, 1993.
- NASCIMENTO, I. J.; NUNES, G. H. S.; SALES JÚNIOR, R.; SILVA, K. J. P.; GUIMARÃES, I. M.; MICHEREFF, S. J. Reaction of melon accessions to crater rot and resistance inheritance. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 459-465, 2012.
- NEGREIROS, A. M. P.; SALES JÚNIOR, R.; RODRIGUES, A. P. M.S.; LEÓN, M.; ARMENGOL, J. Prevalent weeds collected from cucurbit fields in Northeastern Brazil reveal new species diversity in the genus *Monosporascus*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 174, n. 3, p. 349-363, 2019.
- NORONHA, M. A.; MICHEREFF, S. J.; MOREIRA, P. A. A.; XAVIER FILHA, M. S.; SALES JÚNIOR, R.; MIZUBUTI, S. G. Variabilidade de isolados de *Myrothecium roridum* provenientes de meloeiro cultivado no Estado do Rio Grande do Norte. **Tropical Plant Pathology**, Oxford, v. 33, p. 432-438, 2008.
- NUNES, G. H. S.; SANTOS JÚNIOR, J. J. S.; ANDRADE, F. V.; BEZERRA NETO, F.; ALMEIDA, A. H. B.; MEDEIROS, D. C. Aspectos produtivos e de qualidade de híbridos de melão cultivados no agropolo Mossoró-Assu. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 744-747, 2004.
- PARK, D. K.; SON, S. H.; KIM, S.; LEE, W. M.; LEE, H. J.; CHOI, H. S.; YOUNG, E.; CHAE, W. B.; KO, H. C.; YUN-CHAN HUH, Y. C. Selection of melon genotypes with resistance to *Fusarium* wilt and *Monosporascus* root rot for rootstocks. **Plant Breeding and Biotechnology**, Suwon, v. 1, n. 3, p. 277-282, 2013.
- PATIL, S. D.; RAMESH, C. Notes on some fungi of Pleosporaceae (Loculoascomycetes) from Maharashtra (India). **Transactions of the Mycological Society of Japan**, Utrecht, v. 28, p. 229-236, 1987.
- PETRAK, F.; AHMAD, S. Beiträge zur Pilzflora Pakistans. **Sydowia**, Horn, v. 8, p. 162-185, 1954.
- PICÓ, B.; ROIG, C.; FITA, A.; NUEZ, F. Quantitative detection of *Monosporascus cannonballus* in infected melon roots, using real-time PCR. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 12, p. 147-156, 2008.
- PITRAT, M. Melon. In: PROHENS, J.; NUEZ, F. (eds.). Handbook of plant breeding. Springer, New York, p. 283-315, 2008.
- PITRAT, M. Melon Genetic Resources: Phenotypic Diversity and Horticultural Taxonomy. **Plant Genetics and Genomics: Crops and Models**, p. 25-60, 2016.
- PIVONIA, S.; COHEN, R.; KAFKAFI, U.; BEN ZE'EV, I. S.; KATAN, J. Sudden wilt of melons in southern Israel: Fungal agents and relationship with plant development. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 81, p. 1264-1268, 1997.
- POLLACK, F. G.; UECKER, F. A. *Monosporascus cannonballus* an unusual ascomycete in cantaloupe roots. **Mycologia**, New York, v. 66, p. 346-349, 1974.

- R CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>
- 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**, Nairobi, v. 11, n. 87, p. 15324-15329, 2012.
- SALES JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, O. F.; SENHOR, R. F.; ALVES, M. Z. *Monosporascus cannonballus* agente causal do colapso em plantas de melão no Rio Grande do Norte, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 567, 2003.
- SALES JÚNIOR, R.; NASCIMENTO, I. J. B.; FREITAS, L. S.; BELTRÁN, R.; ARMENGOL, J.; VICENT, A.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. First report of *Monosporascus cannonballus* on melon in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, p. 84, 2004.
- SALES JÚNIOR, R.; SANTANA, C. V. S.; NOGUEIRA, D. R. S.; SILVA, K. J. P.; GUIMARÃES, I. M.; MICHEREFF, S. J.; ABAD-CAMPOS, P.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; ARMENGOL, J. First Report of *Monosporascus cannonballus* on Watermelon in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, p. 278, 2010.
- SALES JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, O. F.; MEDEIROS, E. V.; GUIMARÃES, I. M.; CORREIA, K. C.; MICHEREFF, S. J. Ervas daninhas como hospedeiras alternativas de patógenos causadores do colapso do meloeiro. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 195-198, 2012.
- SALES JÚNIOR, R.; NEGREIROS, A. M. P.; BELTRÁN, R.; ARMENGOL, J. Podridão de raízes por *Monosporascus* e declínio de ramas no meloeiro: grave problema sem solução. In: LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (org.). **Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2018. p. 111-130.
- SALES JÚNIOR, R.; SENHOR, R. F.; MICHEREFF, S. J.; NEGREIROS, A. M. P. Reaction of melon genotypes to the root's rot caused by *Monosporascus*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 1, p. 288-294, 2019.
- SARPELEH, A. The role of *Monosporascus cannonballus* in melon collapse in Iran. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 3, p. 162-164, 2008.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.
- SIVANESAN, A.; TALDE, U. K.; TILAK, S. T. *Bitrimonospora indica* gen. et sp. nov., a new loculoascomycete from India. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 63, n. 3, p. 595-596, 1974.
- SUDISHA, J.; VASANTH KUMAR, T.; NIRANJANA, S. R.; SHEKAR SHETTY, H. First report of gummy stem blight caused by *Didymella bryoniae* on muskmelon (*Cucumis melo*) in India. **Plant Pathology**, Oxford, v. 53, p. 533, 2004.
- TSAY, J. G.; TUNG, B. K. The occurrence of *Monosporascus* root rot/vine decline of muskmelon in Taiwan. **Plant Pathology Bulletin**, Washington, v. 4, p. 25-29, 1995.
- UEMATSU, S.; ONOGI, S.; WATANABE, T. T. Pathogenicity of *Monosporascus cannonballus* Pollack and Uecker in relation to melon root rot in Japan. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, Utrecht, v. 51, p. 272-276, 1985.

- WOBBROCK, J. O.; FINDLATER, L.; GERGLE, D.; HIGGINS, J. J. The Aligned Rank Transform for nonparametric factorial analyses using only ANOVA procedures. In: Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11). Vancouver, British Columbia (May 7-12, 2011). New York: ACM Press, p. 143-146, 2011.
- YAN, W.; KANG, M. S. GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders. In: KANG, M. S. **Geneticists, and agronomist**. Boca Raton: CRC, 2003.
- YAN, L. Y.; ZANG, Q. Y.; HUANG, Y. P.; WANG, Y. H. First report of root rot and vine decline of melon caused by *Monosporascus cannonballus* in Eastern Mainland China. Plant Disease, Saint Paul, v. 100, p. 651, 2016.
- YUN-CHAN, H.; SU, K.; JIHYE, M.; YOONAH, J.; DONGKUM, P.; DAEYOUNG, K. et al. Breeding of F1 hybrid melon 'Greenpower' with multiple disease resistance as rootstock for melon (*Cucumis melo* L.) [Conference poster]. In: Cucurbitaceae 2016, XIth Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics & Breeding, July 24-28, 2016, Warsaw, Poland. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173115139>>. Acesso em: 10 dez. 2019.