

EFEITO DO ACIBENZOLAR-S-METHYL EM MUDAS DE
GENÓTIPOS DE MAMOEIRO E NA RESISTÊNCIA À *Phytophthora*
palmivora Butler

TIAGO SILVA JORGE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2019

EFEITO DO ACIBENZOLAR-S-METHYL EM MUDAS DE
GENÓTIPOS DE MAMOEIRO E NA RESISTÊNCIA À *Phytophthora*
palmivora Butler

TIAGO SILVA JORGE

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientador: Prof. Dr. Silvaldo Felipe da Silveira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

J82

Jorge, Tiago Silva.

EFEITO DO ACIBENZOLAR-S-METHYL EM MUDAS DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO E NA RESISTÊNCIA À *Phytophthora palmivora* Butler / Tiago Silva Jorge. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

54 f.

Bibliografia: 48 - 54.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2019.

Orientador: Silvaldo Felipe da Silveira.

1. Carica papaya L.. 2. Podridão-do-pé do Mamoeiro. 3. Indução de Resistência. 4. Melhoramento visando a resistência. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 631.5233

EFEITO DO ACIBENZOLAR-S-METHYL EM MUDAS DE
GENÓTIPOS DE MAMOEIRO E NA RESISTÊNCIA A *Phytophthora*
palmivora Butler

TIAGO SILVA JORGE

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 25 de Fevereiro de 2019.

Comissão Examinadora:



Prof. Leonardo Silva Boiteux (Ph.D., Plant Breeding and Plant Genetics) –
Embrapa Hortaliças



Prof.^a Luciana Aparecida Rodrigues (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



Prof. Marcelo Vivas (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UENF



Prof. Silvaldo Felipe da Silveira (D.Sc., Fitopatologia) – UENF
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares e amigos, os quais são os pilares da resiliência em momentos adversos e os desencadeadores dos momentos de alegria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família por acreditar na minha utopia de querer melhorar nossas vidas e a vida das pessoas ao meu alcance;

À minha doce Mamãe Regina, ao meu Pai Antônio e à minha irmã Bruna Célia Teixeira por me apoiarem em todos momentos de vitórias e de derrotas;

À Nayana Machado de Oliveira Ribeiro pelo companheirismo, carinho e grande incentivo para a finalização de mais uma etapa da minha vida;

Agradeço a todos os meus amigos da Universidade que, ao longo destes sete anos de UENF, me propiciaram as melhores experiências já vividas por mim;

Agradeço ao Prof. Silvaldo Felipe da Silveira pela amizade, paciência e gentileza com as palavras. Agradeço por todos os ensinamentos passados durante estes quatro anos sob sua orientação, que culminaram em grande parte da minha envergadura profissional;

Agradeço a todos os amigos e colegas de trabalho do Laboratório 203-LEF e LEAG, que sempre me auxiliaram na condução da pesquisa, na análise de dados, com extrema boa vontade;

Agradeço a Vicente Mussi Dias pela amizade, pelo auxílio na condução da pesquisa e pela ajuda, sempre com seu diálogo envolto em sabedoria;

Agradeço ao Prof. Marcelo Vivas pela amizade, pelo auxílio na elaboração do experimento e na análise dos dados, sempre com boa disposição para ensinar;

Agradeço ao Programa de Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade de estar cursando o mestrado;

Agradeço à Professora Luciana Rodrigues pela ajuda na condução e discussão dos dados;

Agradeço ao Dr. Leonardo Silva Boiteux pelas enriquecedoras colocações da banca de dissertação, que contribuíram enormemente para a escrita do trabalho;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

EPÍGRAFE

A Alegria de Ensinar

“Ensinar é um exercício de imortalidade.
De alguma forma continuamos a viver
naqueles cujos olhos aprenderam a ver
o mundo pela magia da nossa palavra.
O professor assim, não morre jamais.”
“O corpo é o lugar fantástico onde mora,
adormecido, um universo inteiro...
Tudo adormecido. O que vai acordar
é aquilo que a Palavra vai chamar...
As palavras são entidades mágicas,
potências feiticeiras, poderes bruxos
que despertam os mundos
que jazem dentro dos nossos corpos,
num estado de hibernação, como sonhos...
A este processo mágico
pelo qual a Palavra
desperta mundos adormecidos
se dá o nome de
educação.”

Rubem Alves

SUMÁRIO

RESUMO	xii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivos gerais	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO.....	5
3.1. Aspectos gerais sobre a cultura do mamoeiro	5
3.2. Melhoramento genético da cultura do mamoeiro	6
3.3. Podridão-do-pé do mamoeiro.....	7
3.4. Indução de resistência a patógenos em plantas de mamoeiro	9
3.5. Melhoramento visando a resistência à podridão-do-pé do mamoeiro.....	12
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1. Material vegetal utilizado.....	14
4.2. Delineamento experimental e condução dos experimentos.....	16
4.3. Inóculo de <i>Phytophthora palmivora</i>	16
4.4. Aplicação do indutor de resistência acibenzolar-s-methyl e inoculação de <i>P. palmivora</i>	17
4.5. Alterações radiculares e de partes aéreas induzidas pelo ASM	18
4.6. Determinação do índice de cor verde (SPAD)	18
4.7. Avaliação da incidência, severidade e mortalidade de mudas.....	19

4.8. Análises estatísticas.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Alterações morforadiculares e de parte aérea e variação do índice SPAD após aplicação de ASM em genótipos de mamoeiro.....	23
5.1.1. Experimento conduzido sob telado	23
5.1.2. Experimento conduzido a sol pleno	31
5.2. Acibenzolar-s-methyl no controle da podridão-do-pé do mamoeiro.....	38
5.2.1. Experimento conduzido sob telado	38
5.2.2. Experimento conduzido a sol pleno	41
5.3. Correlação de características de raízes e parte aérea com e sem aplicação de acibenzolar-s-methyl	43
6. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Genótipos de mamoeiro utilizados nos experimentos de avaliação da resistência genética e de indução de resistência à podridão-do-pé do mamoeiro ocasionada por *Phytophthora palmivora*, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da empresa Caliman Agrícola S/A.....15
- Tabela 2** - Quadro de análise de variância das variáveis estudadas nas parcelas testemunha (somente água) e com indutor de resistência acibenzolar-s-methyl de 14 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman Agrícola S/A.....25,26
- Tabela 3** - Caracteres radiculares avaliados no software WinRHIZO dos genótipos que apresentaram significância para a interação entre indutor x genótipo 15 dias após a aplicação de ASM.....27,28
- Tabela 4** - Teste de agrupamentos de médias Scott-Knott para as variáveis Altura, Peso Seco Total (PST), Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Seco de Parte Aérea (PSA) e SPAD de 14 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman Agrícola S/A.....29
- Tabela 5** - Quadro de análise de variância das variáveis estudadas nas parcelas testemunha (somente água) e ASM de 9 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman Agrícola S/A.....33

Tabela 6 - Teste de agrupamento de médias para variáveis Comprimento de Raíz (COMP), Área de Superfície (SURP), Volume de Raiz (VOL) e Peso Fresco (PF) de 9 genótipos de mamoeiro do BAG-Caliman.....	34
Tabela 7 - Quadro de análise de variância nas parcelas testemunha (somente água) e com indutor de resistência de 9 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman Agrícola S/A.....	35
Tabela 8 - Teste de agrupamento de médias para variável Índice Spad de 9 genótipos de mamoeiro do BAG-Caliman.....	34

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - SPAD obtido dos nove genótipos de mamoeiro utilizados no experimento conduzido a sol pleno nas parcelas CICF (*Phytophthora* + ASM), SISF (testemunhas com água), CISF (apenas ASM) e SICF (apenas *Phytophthora*). Dia de avaliação no eixo X e valores do Índice SPAD coletados com o auxílio do medidor portátil no eixo Y.....36
- Figura 2** - Gráfico Boxplot referente às variáveis Incidência Total, AACPD de Incidência, AACPD de Severidade e Mortandade de genótipos de mamoeiro submetidos à inoculação de *Phytophthora palmivora* na ausência e presença do indutor de resistência ASM. Genótipos utilizados no experimento localizados no eixo Y e valores das variáveis de incidência no eixo X. --- = média geral da variável avaliada no experimento.....39
- Figura 3** - Gráfico Boxplot referente à variável Mortalidade de genótipos de mamoeiro submetidos à inoculação de *Phytophthora palmivora* na ausência e presença do indutor de resistência ASM. Genótipos utilizados no experimento localizados no eixo X e valores das variáveis de incidência no eixo Y. --- = média geral da variável avaliada no experimento.....42
- Figura 4** - Coeficientes de correlação de Spearman entre variáveis morfológicas PF (Peso Fresco de Raíz), VOL (Volume de Raíz), SURP (Área de Superfície de Raíz), COMP (Comprimento de Raíz), PSA (Peso Seco Parte Aérea), PSR (Peso Seco de Raíz), PST (Peso Seco Total), AP (Altura de Planta), NF (Número de

Folhas) e SPAD para 14 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman, na presença e ausência do indutor de resistência acibenzolar-s-methyl.....44

Figura 5 - Coeficientes de correlação de Spearman entre variáveis de doenças: INC: Incidência total; AINC: Área abaixo da curva de progresso de incidência; ASEV: Área abaixo da curva de progresso de severidade; MORT: Mortalidade para 14 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman, com e sem aplicação do indutor de resistência acibenzolar-s-methyl.....45

RESUMO

JORGE, Tiago Silva; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; fevereiro de 2019; Efeito do acibenzolar-s-methyl em mudas de genótipos de mamoeiro e na resistência à *Phytophthora palmivora* Butler. Orientador: Prof. Silvaldo Felipe da Silveira; Conselheiros: Prof. Marcelo Vivas e Prof. Messias Gonzaga Pereira.

Doenças são reconhecidas como fator limitante para o cultivo do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em nível global. Dentre as principais doenças que acometem a cultura do mamoeiro, está a podridão-do-pé, ocasionada pelo oomiceto *Phytophthora palmivora* Butler. A podridão-do-pé acomete o mamoeiro em qualquer idade, culminando com a morte de até 60% de plantas em lavouras comerciais. Não existem variedades de mamoeiro resistentes à podridão-do-pé, havendo, no entanto, a possibilidade de se induzir resistência nas raízes pela aplicação de substâncias químicas ou eliciadores de resistência sistêmica. A indução de resistência sistêmica em raízes de mamoeiro já é um fenômeno comprovado pela aplicação de substâncias ativas, tais como o acibenzolar-S-methyl (ASM). Esta substância incita, em plantas, a expressão de genes associados a mecanismos de defesa (*priming*), os quais, na ocorrência de infecção, aceleram e intensificam a produção de proteínas de defesa (proteínas prp), enzimas proteolíticas, fitoalexinas e compostos fenólicos, dentre outros. Como a indução de resistência interfere na expressão gênica e na fisiologia da planta, acredita-se que o genótipo da planta interfira no fenômeno da indução de resistência, bem como no crescimento e vigor

das mudas. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi identificar genótipos de mamoeiro resistentes à podridão-do-pé, causada por *P. palmivora*, e mais responsivos ao indutor de resistência sistêmica ASM. Para tanto, foram conduzidos os seguintes dois experimentos no ano de 2018: o primeiro, em condições de telado durante os meses de abril e julho; o segundo foi conduzido a sol pleno, durante os meses de setembro a novembro. Os tratamentos consistiram de (i) testemunha (pulverização de água); (ii) inoculação com *P. palmivora*; (iii) pulverização de suspensão de ASM; e (iv) pulverização de suspensão de ASM e inoculação com *P. palmivora*. Foram utilizados, no primeiro experimento, 14 genótipos de mamoeiro pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Empresa Caliman Agrícola S/A. No segundo, nove genótipos incluídos no primeiro experimento foram novamente avaliados. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC) com arranjo em parcelas subdivididas. A unidade experimental constou de seis plantas com 60 dias de idade, cultivadas em substrato à base de areia + solo na proporção 1:1, em tubetes de 290 cm³. A aplicação do indutor de resistência ocorreu com três dias de antecedência em relação à inoculação com o patógeno. Pulverizou-se, nas folhas, calda à base de 20 mgL⁻¹ e 30 mgL⁻¹ do ingrediente ativo ASM, no primeiro e segundo experimentos, respectivamente, três dias antes da inoculação do patógeno. O inóculo de *P. palmivora* foi produzido inoculando-se frutos verdes de mamoeiro (substrato) e incubando-os em balcão de laboratório. A suspensão do patógeno foi calibrada para 5 x 10⁶ e 10⁴ zoósporos.mL⁻¹ no primeiro e segundo experimentos, respectivamente. As plantas foram inoculadas ao redor do coleto com 5 mL⁻¹ da suspensão de zoósporos. As seguintes características foram avaliadas: número de folhas; altura de planta; diâmetro de caule; volume de raiz; comprimento de raiz; área de superfície de raiz e massas fresca e seca das raízes; SPAD; mortalidade (%); incidência total (%); e área abaixo da curva de incidência e severidade da doença. A análise de variância e o teste de agrupamento de médias de Skott-Knott a 5% de probabilidade foram realizados, bem como a estatística descritiva e gráfica. Foi observada, em ambos os experimentos, a redução de raízes nas parcelas onde o ASM foi aplicado, exceto para o genótipo 'Tainung 01', que apresentou incrementos nas médias das características radiculares avaliadas. Os genótipos Golden, UC12, UC14, UC16, 36/7 e 41/7 demonstraram menores médias nas variáveis de doença, no primeiro experimento, independentemente da aplicação de indutor. No segundo, os genótipos UC01,

UC10, UC16, Sekati, SS-72/12 e 19 apresentaram as menores médias nas variáveis de doenças avaliadas. Todavia, a incidência final foi de praticamente 100% de mudas mortas pela doença, nas condições experimentais, em ambos os ensaios. Não houve efeito detectável do indutor na incidência final ou na mortalidade de plantas, levando-se à conclusão de que todos os genótipos avaliados no trabalho foram suscetíveis à podridão-do-pé, independentemente da aplicação ou não do indutor de resistência acibenzolar-s-methyl nas condições experimentais e na fase de mudas com 60 dias de idade. No entanto, observou-se o efeito do ASM no aumento da sobrevivência dos genótipos Golden, UC01, UC12, UC14, UC16, 36/7, 41/7, Sekati, SS-72/12 e 19. Estes genótipos podem ser elencados como materiais genéticos potenciais para experimentos de indução de resistência por ASM no campo em fases posteriores a de mudas jovens, quando as plantas possuem maiores condições de reagirem à infecção.

Palavras-chave: *Carica papaya* L.; podridão-do-pé do mamoeiro; indução de resistência

ABSTRACT

JORGE, Tiago Silva; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February 2019; Effect of Acibenzolar-S-Methyl on Papaya Genotype Seedlings and Resistance to *Phytophthora palmivora* Butler. Advisor: Prof. Silvaldo Felipe da Silveira; Counselors: Prof. Marcelo Vivas and Prof. Messias Gonzaga Pereira.

Diseases are recognized as being a limiting factor for the cultivation of papaya (*Carica papaya* L.) at a global level. On this basis, the root rot, caused by the oomycete *Phytophthora palmivora* Butler, is among the main diseases that affect papaya crop. Papaya root rot attacks plants at any age, leading to up to 60% mortality in commercial crops. There are no varieties of papaya resistant to root rot; however, there is the possibility of inducing resistance in roots by the application of chemicals or elicitors of systemic resistance. The induction of systemic resistance in papaya roots has already been a phenomenon proved by the application of active substances, such as Acibenzolar-S-methyl (ASM). This substance induces, in plants, the expression of genes associated with defense mechanisms (priming), which, in infections, accelerate and intensify the production of defense proteins (prp proteins), proteolytic enzymes, phytoalexins and phenolic compounds, among others. As induction of resistance affects the gene expression and plant physiology, it is believed that the plant genotype interferes in the resistance induction phenomenon, as well as in the growth and vigor of seedlings. In this context, the objective of the present work was to identify papaya genotypes resistant to papaya

root rot, caused by *P. palmivora*, and more responsive to the systemic resistance inducer ASM. In order to do so, the following two experiments were conducted in 2018: the first one, performed under screenhouse conditions, during the months of April through July; the second was carried out under open field conditions from September to November. In the first experiment, 14 papaya genotypes belonging to the Germplasm Active Bank of the company *Caliman Agrícola S/A* were used. In the second experiment, nine out of the 14 genotypes included in the first experiment were tested. The experimental design was the randomized block design (RBD) arranged in subdivided plots. The experimental unit consisted of six plants with 60 days of age, cultivated in sand-based substrate + 1:1 soil, in 290 cm³ tubes. Treatments consisted of (i) control (water spraying); (ii) inoculation with *P. palmivora*; (iii) ASM spraying; and (iv) ASM spraying and inoculation with *P. palmivora*. The application of the resistance inducer occurred three days before the inoculation of the pathogen. The active ASM ingredient (20mgL⁻¹ and 30mgL⁻¹) was sprayed on the leaves in the first and second experiments, respectively, three days prior to inoculation. *Phytophthora palmivora* inoculum was produced by inoculating green papaya fruits (substrate) and incubating them at room temperature in laboratory benches. The *P. palmivora* suspension was calibrated at 5 x 10⁶ and 10⁴ zoospores.mL⁻¹ in the first and second experiments, respectively. Plants were inoculated around the stem with 5mL⁻¹ of the zoospore suspension. The following characteristics were evaluated: number of leaves; plant height; stem diameter; root volume; root length; root surface area and fresh and dry root masses; SPAD; mortality (%); total incidence (%); and area below the incidence curve and severity of the disease. The analysis of variance and the Skott-Knott means clustering test at 5% probability were performed, as well as the descriptive and graphical statistics. In both experiments, the root reduction was observed in the plots where the ASM was applied, except for the genotype 'Tainung 01', which presented increases in the means of the evaluated root traits. Genotypes Golden, UC12, UC14, UC16, 36/7, and 41/7 presented lower means in the disease variables, in the first experiment, regardless of the ASM application. In the second experiment, the genotypes, UC01, UC10, UC16, Sekati, SS-72/12, and 19 displayed the lowest means in the disease variables evaluated. However, in general, the final disease incidence was close to 100% of seedling mortality under the experimental conditions in both trials. No effect of the inducer was detected on the final incidence or plant mortality, leading to the

conclusion that all the genotypes evaluated in the study were susceptible to root rot under experimental conditions and in the seedling stage at 60 days of age, whether or not the acibenzolar-s-methyl resistance inducer was applied. However, the effect of ASM on the survival increase of the genotypes Golden, UC01, UC12, UC14, UC16, 36 /, 41/7, Sekati, SS-72/12, and 19 was observed. These genotypes can be listed as potential for resistance induction experiments by ASM in the field, in later stages to young plants, when the plants are much more prone to react to the infection.

Keywords: *Carica papaya* L., papaya root rot, induced resistance.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) situa-se entre as de maior importância comercial nas regiões tropicais e subtropicais, sendo cultivada e comercializada por diversos países, dentre os quais o Brasil. A comercialização do fruto do mamoeiro ganha potencial destaque devido ao crescente apelo feito às pessoas para a adição de alimentos saudáveis, ricos em compostos bioativos e fibras, no consumo diário.

Os frutos do mamoeiro são adocicados, com diferentes cores de polpa e tamanhos, estando presentes diariamente na alimentação dos consumidores, tanto em forma de produtos industrializados quanto *in natura* (Rupasinghe e Yu, 2013; Fatima e Shahid, 2018).

Em 2017, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial da fruta, produzindo aproximadamente 1.057.101 milhão de toneladas (FAO, 2017). No País, o mamoeiro é cultivado em diversos estados, com destaque os estados do Espírito Santo, Rio Grande do Norte e Bahia, que, juntos, concentram atualmente 95% da produção nacional (IBGE, 2018). O estado do Espírito Santo é o maior produtor e exportador da fruta, sendo a Europa e os Estados Unidos seus principais importadores (Carvalho, 2017).

Todavia, o baixo número de cultivares utilizadas nos cultivos comerciais, resulta em restrita variabilidade genética, podendo potencializar-lhes danos ocasionados por pragas e doenças. Assim, o desenvolvimento de híbridos e linhagens com características morfoagronômicas mais adequadas e resistentes a

doenças tem sido o objetivo dos programas de melhoramento do mamoeiro (Pereira et al., 2018).

A cultura do mamoeiro é sabidamente suscetível a uma ampla gama de patógenos, o que culmina na diminuição da rentabilidade da cultura devido a gastos com controle químico, à diminuição do vigor das plantas, aos danos nos frutos e, em casos severos, à morte de plantas no campo.

Fungos e oomicetos são importantes agentes etiológicos de doenças na cultura do mamoeiro, ocasionando danos severos em folhas, pecíolos, frutos, estirpes e raízes (Dantas et al., 2013). Os patógenos habitantes do solo constituem-se nos principais agentes etiológicos de doenças em sementes, após o semeio, durante a condução da lavoura, nas fases vegetativas e reprodutivas, bem como na pós-colheita de frutos. Por possuírem diferentes estruturas de resistência, que permitem sua permanência no solo por longos períodos, são patógenos de difícil eliminação e demandam novas estratégias de controle (Lopes e Michereff, 2018).

Dentre os patógenos que atacam o sistema radicular do mamoeiro, está o oomiceto *Phytophthora palmivora* Butler, causador da podridão-do-pé do mamoeiro, doença que culmina na morte do hospedeiro em qualquer idade (Luz et al. 2001). *Phytophthora palmivora* é um patógeno cosmopolita e polífago, capaz de colonizar diferentes espécies vegetais (Erwin & Ribeiro, 1996).

Em mamoeiros, a doença está distribuída em diversos estados brasileiros, com estimativas de perdas na produtividade de sua cultura variando de 10% a 60%, especialmente em períodos de alta pluviosidade (Liberato et al., 1993; Silva et al., 1999; Luz et al., 2001). É importante salientar que, hoje, nenhuma das cultivares conhecidas de mamão se apresenta resistente à *P. palmivora* (Oliveira et al., 2003; Dianese et al., 2007; Santos, 2009; Oliveira et al., 2014).

Diversas estratégias de controle vêm sendo pesquisadas para a diminuição das perdas severas ocasionadas pela doença, dentre elas, a indução de resistência. Este fenômeno se dá, de modo local ou sistêmico, após a aplicação de agentes abióticos e bióticos capazes de ativar, no hospedeiro, mecanismos específicos de defesa, tais como, a produção de enzimas proteolíticas (β -1,3-glucanases), dentre outros (Walters et al., 2007). Diferentemente das demais alternativas de controle químico, a indução de resistência é mediada pela aplicação de produtos com baixa toxicidade no organismo alvo, cuja função é ativar diversos mecanismos fisiológicos nas plantas (Pascholati, 2003). Na cultura do mamoeiro,

já foram testados indutores bióticos e abióticos, como fosfitos, ácido salicílico, acibenzolar-s-methyl (ASM), *Trichoderma* spp., dentre outros produtos, no controle de doenças radiculares e de parte aérea (Zhu et al., 2003; Dianese et al., 2009; Tavares et al., 2009; Terra, 2009; Oliveira e Nishijima, 2014).

Por se tratar de um mecanismo fisiológico induzido e específico, a resistência sistêmica adquirida pode apresentar diferentes respostas em função do genótipo do hospedeiro. Da mesma forma, encontram-se resultados semelhantes, na literatura, em culturas como a soja, em que se elencam genótipos como responsivos e não responsivos à indução (Oa et al., 2011). Na cultura do mamoeiro, estudos investigando a interação do indutor de resistência ASM em diferentes genótipos ainda não foram carreados, sendo esta pesquisa considerada como pioneira na área. Objetivou-se, com o presente trabalho, o estudo da interação entre genótipos de mamoeiro e o indutor de resistência abiótico acibenzolar-s-methyl. Caracterizou-se a resposta dos genótipos quanto a caracteres morfológicos e patológicos frente à inoculação com *P. palmivora*, e foram selecionados os genótipos que apresentaram melhor resposta ao indutor de resistência ASM.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

(1) Identificar genótipos de mamoeiro resistentes à podridão-do-pé causada por *P. palmivora*; e (2) Identificar genótipos de mamoeiro mais responsivos ao indutor acybenzolar-s-methyl.

2.2. Objetivos específicos

- a. Comparar e avaliar híbridos e seus genitores quanto à resistência genética e à resistência induzida por acybenzolar-s-methyl no controle da podridão-do-pé do mamoeiro na fase de mudas;
- b. Avaliar alterações radiculares e de parte aérea após a aplicação do acibenzolar-s-methyl em mudas de diferentes genótipos de mamoeiro.

3. REVISÃO

3.1. Aspectos gerais sobre a cultura do mamoeiro

A espécie *Carica papaya* L. pertence à família *Caricaceae*, que engloba, atualmente, seis gêneros: *Jacaratia*, *Vasconcella*, *Jarilla*, *Horovitzia*, *Cylicomorpha* e *Carica*, sendo o último o gênero de maior importância comercial, com apenas uma espécie descrita (Dantas et al., 2013). O centro de origem do mamoeiro está localizado entre o México e a vertente horizontal dos Andes ou, com maior precisão, na Bacia Superior Amazônica, caracterizando-a como fruteira tipicamente tropical (Dantas et al., 2013). Baseados em sequências de DNA de todos os gêneros da família *Caricaceae*, Carvalho e Renner (2014) indicam que o mamoeiro possui grau de parentesco com os gêneros *Vasconcella*, *Jarilla* e *Horovitzia*, implicando na possibilidade da introgressão de genes para o avanço de programas futuros de melhoramento, os quais atualmente só utilizam indivíduos do gênero *Carica* e *Vasconcella*.

O mamoeiro é uma planta diploide ($2n=2x=18$), pertencente a classe das Dicotyledoneas, subclasse Archichlamdeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família *Caricaceae*, gênero *Carica* (Nakasone e Paull, 1998). O sistema reprodutivo preferencial do mamoeiro é o autógamo facultativo com cleistogamia, e as plantas podem produzir flores exclusivamente masculinas, femininas ou hermafroditas (Damasceno Junior et al., 2009).

A herança do sexo em mamoeiro foi descrita primeiramente como monogênica, com três formas alélicas possíveis, quais sejam, M1, M2 e m

(Hofmeyr, 1938). Storey (1941) estabeleceu que os indivíduos portadores dos genótipos mm, M1m e M2m são denominados ginoicos, androicos, e ginoicos-andromonoicos (hermafroditas), respectivamente. As combinações dominantes destes genótipos M1M1, M1M2 e M2M2 são zigóticas letais (Storey, 1953). Ming et al. (2007), em estudos via sequenciamento de DNA, demonstraram que a herança do sexo em mamoeiro é determinada por uma região ligada aos cromossomos sexuais XY, sendo o hermafroditismo e a masculinidade controlados por regiões específicas, denominadas Yh (hermafroditismo) e MSY (masculinidade). Portanto, as combinações XX, XY e XYh determinam o sexo feminino, masculino e hermafroditas, respectivamente.

3.2. Melhoramento genético da cultura do mamoeiro

O mamoeiro possui características que possibilitam o desenvolvimento de variedades e híbridos devido à capacidade de obtenção de linhagens endogâmicas, com baixa perda de vigor por endogamia (Dantas e Lima, 2001). As características agronômicas mais requeridas nos programas de melhoramento são as seguintes: produção igual ou superior às cultivares atualmente utilizadas; ausência ou ocorrência mínima de flores hermafroditas carpeloides (carpeloidia) e de flores hermafroditas pentandricas (pentandria); frutificação precoce, vigorosa e com altura inferior a 90 cm; peso médio de fruto de 350 g a 600 g (Grupo Solo) ou 800 g a 1.100 g (Grupo Formosa); casca lisa e sem manchas; polpa vermelho-alaranjada; cavidade ovariana pequena e em formato de estrela; resistência a agentes abióticos; e resistência a pragas e doenças (Dantas et al., 2013).

O melhoramento genético do mamoeiro no Brasil é desenvolvido principalmente pelas seguintes instituições: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), a qual já lançou 21 híbridos registrados junto ao MAPA; Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER); e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Mandioca e Fruticultura). Em instituições internacionais, o programa de maior destaque é o da equipe de melhoramento do *Hawaii Agriculture Research Center*, nos Estados Unidos.

3.3. Podridão-do-pé do mamoeiro

As doenças são um dos principais fatores limitantes da cultura do mamoeiro, impedindo seu estabelecimento em determinadas regiões, bem como o avanço da cultura para novos territórios. Dentre as diversas doenças que acometem a cultura do mamoeiro, se encontra a podridão-do-pé, ocasionada pelo agente etiológico *Phytophthora palmivora* Butler, a qual pode levar à morte do hospedeiro em qualquer idade.

O oomiceto *P. palmivora* pertence ao reino Chromista, filo Oomycota, classe Oomycetes, ordem Phytophthorales e família *Phytophthoraceae*. O pseudofungo *P. palmivora* apresenta hifas sem septos (cenocíticas); micélio na cor branca; heterotalismo (*mating types* A1 e A2); esporângios papilados, elipsoides a ovóides e caducos; e clamidosporos globosos terminais ou intercalares (Erwin & Ribeiro, 1996). Esse patógeno apresenta uma complexa variabilidade em suas características morfológicas e fisiológicas, o que dificulta sua precisa identificação baseada unicamente na morfologia (Luz et al., 2001).

A podridão-do-pé do mamoeiro foi inicialmente descrita nas Filipinas em 1916. No Brasil, os primeiros relatos da doença foram feitos em 1946, nos estados da Bahia e de Pernambuco. Posteriormente, a doença foi relatada em diversos estados, constituindo-se em uma das doenças mais disseminadas e severas da cultura do mamoeiro no País (Luz et al., 2001, Carnauba et al., 2006).

No Brasil, não existem dados atuais comprovando as perdas ocasionadas pela podridão-do-pé do mamoeiro. No entanto, perdas de frutos na casa de 7 a 10% foram relatadas por Liberato et al. (1993), bem como por Silva et al. (1999). Segundo Luz et al. (2001), sob elevados índices pluviométricos, acima de 2000 mm, perdas ocasionadas pela morte do hospedeiro foram observadas na ordem de 60% em lavouras comerciais.

Os sintomas da doença são observados em todos os órgãos do hospedeiro. O sistema radicular do mamoeiro apresenta-se como o órgão mais suscetível à colonização do patógeno nos três primeiros meses de idade. No entanto, plantas de qualquer idade são suscetíveis ao patógeno caso existam condições favoráveis à infecção. Na região do coleto da planta, observam-se lesões encharcadas, que emanam um odor pútrido. Em solos encharcados, a lesão pode ser recoberta por micélio branco cotonoso, ocasionando sintomas secundários, como o amarelecimento da parte aérea. Sob condições de alta umidade do ar, os frutos

verdes ou maduros podem ser recobertos por micélio branco, apresentando lesões encharcadas e exsudação de látex. Na parte superior do hospedeiro, os ataques são mais severos em períodos de alta pluviosidade, originando cancrios que culminam com a morte do hospedeiro e o tombamento de plantas adultas (Luz et al., 2001).

Phytophthora palmivora é tipicamente um patógeno polífago, colonizando mais de uma centena de espécies entre as mais diversas famílias botânicas (Erwin & Ribeiro, 1996). No Brasil, *P. palmivora* já foi relatada causando doenças em diversos hospedeiros, dentre eles, araçá-boi, cacau, cupuaçu, orquídea, pupunha, seringueira, berinjela, citros, coqueiro, dentre outros (Luz et al., 2001).

O desenvolvimento micelial e a produção de esporângios são favorecidos a temperaturas próximas a 25°C. Em temperaturas abaixo de 15°C e acima de 35°C, a produção de esporângios diminui drasticamente (Erwin & Ribeiro, 1996, Luz et al., 2001). Essa produção ocorre quando o potencial mátrico do solo é negativo, enquanto a formação e a liberação dos zoósporos ocorrem quando o potencial mátrico do solo é zero, ou seja, sob saturação de umidade ou em solos encharcados. Solos que apresentem problemas quanto à drenagem favorecem o desenvolvimento e a disseminação do patógeno, que é favorecida durante períodos chuvosos. A disseminação do patógeno também ocorre via utilização de implementos e ferramentas contaminadas e/ou mal desinfestadas (Erwin & Ribeiro, 1999; Luz et al., 2001).

Diversos métodos de controle para a podridão-do-pé do mamoeiro já foram estudados, dentre eles, o controle químico e o biológico. No entanto, níveis satisfatórios de eficácia de controle não foram observados em lavouras comerciais com o emprego destes métodos (Ueno & Silva, 2001; Dianese et al., 2005; Tatajiba et al., 2005, Dianese et al., 2009). Atualmente, apenas três formulações de fungicidas comerciais estão registradas para o controle da doença pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sendo estas à base de Morfolina (Forum®), Benzamida + Carbamato (Infinito®) e Éter Mandelamida (Revus®) (BRASIL, 2019).

O patógeno, quando estabelecido em lavouras comerciais, é dificilmente erradicado, tendo em vista que as medidas de controle indicadas para patógenos de solo não são eficazes a médio e longo prazo. Por apresentar-se como um patógeno tipicamente do solo, *P. palmivora* possui estruturas de resistência

(oósporo e clamidósporo) que contribuem para sua prolongada permanência em solos, o que é agravado por sua característica de patógeno polífago, colonizando diversos hospedeiros de diferentes famílias botânicas. Neste cenário, medidas alternativas de controle da podridão-do-pé do mamoeiro vêm sendo estudadas, dentre elas, a indução de resistência.

3.4. Indução de resistência a patógenos em plantas de mamoeiro

Novas estratégias de controle de doenças e pragas na agricultura vêm sendo desenvolvidas, atendendo ao apelo pelo emprego de tecnologias sustentáveis. Neste contexto, vislumbra-se a indução de resistência a doenças, mediada pela aplicação de substâncias pouco tóxicas, mas que ativam mecanismos de defesa pré-existentes na planta.

A capacidade de plantas apresentarem resistência ao ataque de doenças e pragas, possuindo resistência prévia (constitutiva), ou induzida durante o processo infeccioso, é um fenômeno conhecido há mais de um século. Chester (1933) realizou uma revisão em que relata grande parte dos esforços realizados por pesquisadores no que tange ao estudo da indução de resistência no início do século XX. O primeiro relato, no referido século, foi realizado por Bernard, em que foi observada a maior viabilidade de embriões de orquídeas a isolados agressivos de *Rhizoctonia*, quando inoculados previamente com cepas de *Rhizoctonia* de menor agressividade (Gäumann, 1950; Allen, 1959; apud Walters et al., 2007). Com o avanço das pesquisas, constatou-se que as plantas possuem mecanismos de defesa ativos e passivos. A resistência passiva (constitutiva) é o processo mantido continuamente na planta, enquanto a ativa (induzida) só é originada a partir da infecção de algum agente patogênico ou por um agente indutor biótico ou abiótico (eliciadores) (Walters et al., 2007).

A resistência induzida é um mecanismo de ação local ou sistêmica na planta. A resistência local é induzida no mesmo órgão ou nos tecidos subjacentes ao ponto de infecção do patógeno, enquanto a resistência induzida sistêmica é aquela ativada em regiões espacialmente diferentes do órgão ou sítio de infecção dos patógenos. Tanto a resistência local quanto a sistêmica podem ser ativadas por intermédio de moléculas eliciadoras. Pelo menos duas formas de indução de resistência em plantas são conhecidas e denominadas como resistência sistêmica induzida (ISR – *Induced Systemic Resistance*) e resistência sistêmica adquirida

(SAR – *Systemic Acquired Resistance*) (Walters et al., 2007), sendo esta última o foco do presente trabalho.

A SAR desencadeia, em plantas, mecanismos de defesa a doenças incitados pela expressão de proteínas relacionadas com a patogênese, associada com a síntese endógena de ácido salicílico. Este, por sua vez, promove a transdução de genes associados a mecanismos de defesa, tais como, síntese e acúmulo de proteínas PR (proteínas relacionadas à patogênese); reação de hipersensibilidade; aumento na síntese de fitoalexinas e no reconhecimento de genes de avirulência dos patógenos. A SAR está associada, inclusive, ao aparecimento de lesões necróticas no hospedeiro em condições naturais de inoculação. A necrose pode ser caracterizada por uma reação de hipersensibilidade ou lesões induzidas por patógenos (Metraux et.al., 1991; Walters et al., 2007). Por estar relacionada com a expressão de genes específicos e não específicos, acredita-se que a indução de resistência possa variar de acordo com o genótipo da planta (Santos, 2013).

No que tange à utilização de indutores de resistência na cultura do mamoeiro, alguns trabalhos já foram desenvolvidos com a utilização do eliciador químico Benzotiadiazol (BTH), também conhecido como acibenzolar-S-methyl (ASM), comercializado no Brasil com o nome comercial Bion® (Syngenta). O ASM é um eliciador sintético, molécula análoga ao ácido salicílico, utilizado em diversas culturas e atuando contra uma ampla gama de patógenos (Zhu et al., 2003; Terra 2009). Diferentemente do ácido salicílico, o ASM não depende do ocasionamento de danos prévios para a ativação da SAR, uma vez que já ativa os mecanismos de defesa sistêmicos para prevenir futuros danos ocasionados por patógenos (Kuhn, 2007).

O primeiro relato da efetividade do ASM na cultura do mamoeiro foi realizado por Zhu et al. (2003). Neste trabalho, a aplicação de ASM foi feita em diferentes doses, e observou-se a efetividade do ASM na indução de resistência à *P. palmivora*, expressando genes NPR1, responsáveis pelo aumento de proteínas relacionadas à patogênese (proteínas PR). Tavares et al. (2009) estudaram a indução de resistência mediada por indutores bióticos ou abióticos à podridão-do-pé do mamoeiro e observaram que o ASM, seis dias após a pulverização foliar (0,3 mg.L⁻¹), aumentou as atividades de peroxidase e β -1,3- glucanase, bem como a concentração de lignina em comparação com a testemunha. O mesmo tratamento aumentou a sobrevivência de mudas inoculadas com suspensão de 10⁵

zoosporos.mL⁻¹ de *P. palmivora*, conduzidas em sistema misto, sob telado e a céu aberto, demonstrando assim o potencial do uso do ASM na indução de resistência à *P. palmivora*.

Oliveira e Nishijima (2014) avaliaram o efeito de diferentes doses de ASM no controle da pinta preta do mamoeiro (*Asperisporium caricae* Maubl.) em casa de vegetação e observaram que, com o aumento das doses de ASM, a produção de enzimas b-1,3-glucanases também aumentou. De acordo com o autor, o ASM apresenta efeito dose dependente na produção de proteínas pr, bem como na proteção das plantas.

A resposta à indução de resistência, como mencionada anteriormente, pode variar de acordo com o produto utilizado, mas também dentre diferentes genótipos de uma mesma espécie. Terra (2009) avaliou a eficiência de indutores de resistência – ASM, organo mineral (Agromos[®]) e fosfito (Hortifos PK[®]) – em genótipos de mamoeiro dos grupos Solo (Golden, SS-72/12 e SS-783) e Formosa (Calimosa, Maradol e JS-12). Foi observado que o ASM apresentou maior eficiência no controle da pinta preta quando comparado aos demais indutores em todos os genótipos avaliados no experimento. Santos et al. (2017), em prosseguimento ao trabalho de Terra (2009), avaliaram, em condições de campo, a eficiência de pulverizações foliares de ASM, Calda Bordalesa, Ecolife[®] e Bordasul[®] no controle de doenças foliares do mamoeiro, em seis diferentes genótipos de mamoeiro (STZ, SS-PT, Maradol, Calimosa, Golden e Tailândia). Foi observada a resistência inata presente nos genótipos STZ, SS-PT, Maradol e Calimosa nos tratamentos controles, sem indutores ou fungicidas, em relação aos demais genótipos. Por outro lado, esses genótipos apresentaram menor resposta aos produtos indutores quando comparados com o genótipo suscetível Tailândia (que apresentou a melhor resposta aos produtos), demonstrando assim a variabilidade de resposta entre genótipos.

Na cultura da soja, Oa et al. (2001) quantificaram a expressão de genes de defesa induzidos por indutores derivados do patógeno (*molecular motif derived from microorganism*), os quais foram associados a QTL (*quantitative trait locus*), ou seja, a expressão foi de herança multigênica e quantitativa. Quatro genes (QTLs) de efeito maior foram associados a respostas de defesa, expressas na forma de reação de hipersensibilidade e produção de compostos reativos de oxigênio (queima oxidativa) na resistência raça-específica ao nematoide *Heterodera*

glycines. Os genótipos que mostraram maior expressão gênica apresentaram maior resistência frente à inoculação em folhas contra a bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* e ao mofo branco, *Sclerotinia sclerotiorum*. Com base nisso, os autores propuseram classificar os genótipos quanto à intensidade da resposta à indução de resistência em altamente responsivos até aqueles genótipos não responsivos (Oa et al., 2011). Em suma, a resposta a eliciadores ou indutores pode ser genótipo-dependente e de natureza quantitativa, dentro de uma mesma espécie hospedeira, oferecendo proteção ampla contra vários patógenos, quer sejam nematoides, quer sejam fungos, quer sejam bactérias.

A utilização do ASM na indução de resistência a doenças na cultura do mamoeiro depende, portanto, da identificação de genótipos responsivos ao indutor. O conhecimento da interação indutor x genótipo possibilitaria, assim, embasar a utilização do ASM junto a demais práticas culturais de controle de doenças na cultura do mamoeiro, tendo em vista sua inespecificidade, contribuindo também para o controle de de vários patógenos, foliares e radiculares, tais como, a pinta-preta e a podridão-do-pé.

3.5. Melhoramento visando a resistência à podridão-do-pé do mamoeiro

No que tange à seleção de materiais resistentes à podridão-do-pé do mamoeiro, não se tem conhecimento, até o momento, de variedades totalmente resistentes (imunes) à *P. palmivora*.

Lima et al. (2003), em experimento conduzido em condições controladas inoculando frutos de genótipos de mamoeiro pertencentes ao grupo Solo, observaram que a variedade Sunrise Solo apresentou lesões menores.

Oliveira et al. (2003) realizaram experimentos comparando a resistência de cinco genótipos pertencentes ao grupo Solo e cinco, ao grupo Formosa. Os autores observaram que o genótipo CMF74 (Formosa) apresentou os menores índices de doenças após a inoculação com *P. palmivora*. Dianese et al. (2007), em experimentos conduzidos em ambiente controlado, bem como em área naturalmente infestada por *P. palmivora*, observaram que a cultivar Tailândia Roxão, pertencente ao grupo Formosa, foi mais resistente à doença quando comparada a outros genótipos do grupo Solo.

Santos (2009) avaliou a resistência à podridão-do-pé em 44 genótipos de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa, oriundos do BAG da empresa Caliman

Agrícola S/A, em experimento conduzido em condições experimentais controladas de inoculação. A autora identificou um grupo de 25 genótipos promissores para a obtenção de cultivares melhoradas e mais resistentes à podridão-do-pé, para ambos os grupos heteróticos. Dentre os genótipos elencados como mais resistentes, estão o híbrido UC01 e os genitores potenciais SS-72/12, JS-12 e Maradol. Estes genótipos também foram utilizados no presente trabalho como genitores e comparadores potenciais resistentes.

Oliveira et al. (2014) avaliaram a resistência de 41 genótipos de mamoeiro pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Para a inoculação, os autores aplicaram 5 mL de suspensão de 5.10^5 zoosporos.mL⁻¹ ao redor das mudas com 60 dias de idade, em vasos, sob condições de telado. Os autores observaram que o genótipo CMF-005 apresentou taxa de mortalidade de mudas significativamente menor, embora ainda tenha sido muito elevada (75%), enquanto os demais genótipos testados apresentaram mortalidade de 100%.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material vegetal utilizado

Foram selecionados 14 genótipos de mamoeiro pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da empresa Caliman Agrícola S/A. Foram incluídos, para comparação, três genótipos comparadores, quais sejam, 'Tainung 01', Maradol e Golden, que apresentam, segundo a literatura, suscetibilidade, resistência e suscetibilidade à podridão-do-pé do mamoeiro, respectivamente. Foram selecionados cinco híbridos (UenfCaliman-01, UenfCaliman-10, UenfCaliman-12, UenfCaliman-14 e UenfCaliman-16) como promissores, registrados pelo programa de melhoramento genético do mamoeiro da UENF-Caliman S/A. Estes últimos estão em fase de validação de comercialização devido ao seu alto potencial de mercado. Neste trabalho, também incluíram-se os genótipos genitores elite dos híbridos acima citados, Sekati, 41/7, 36/7, Sunrise Solo 72-12, 19 e JS-12, para fins de comparação e para se tentar mensurar parâmetros genéticos (Tabela 1).

Tabela 1. Genótipos de mamoeiro utilizados nos experimentos de avaliação da resistência genética e de indução de resistência à podridão-do-pé do mamoeiro causada por *Phytophthora palmivora*, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da empresa Caliman Agrícola S/A.

Genótipos	Base Genética	Grupo Heterótico	Origem	*Reação à <i>Phytophthora palmivora</i>
Tainung 01	Híbrido	Formosa	Taiwan	Suscetível (Dianese et al., 2007)
Maradol	Variedade	Formosa	Tabasco – México	Resistente (Santos, 2009)
Golden	Variedade	Solo	Mutação do SS-72/12	Suscetível (Dianese et al., 2007)
UC01	Híbrido	Formosa	Caliman Agrícola S/A – ES	Resistente (Santos, 2009)
UC10	Híbrido	Formosa	Caliman Agrícola S/A – ES	Não conhecida
UC12	Híbrido	Formosa	Caliman Agrícola S/A – ES	Não conhecida
UC14	Híbrido	Solo	Caliman Agrícola S/A – ES	Não conhecida
UC16	Híbrido	Solo	Caliman Agrícola S/A – ES	Não conhecida
JS-12	Linhagem	Formosa	Caliman Agrícola S/A – ES	Resistente (Santos, 2009)
36/7	Linhagem	Formosa	Caliman Agrícola S/A – ES	Não conhecida
41/7	Linhagem	Formosa	Caliman Agrícola S/A – ES	Não conhecida
19	Linhagem	Solo	Caliman Agrícola S/A – ES	Não conhecida
Sekati	Linhagem	Formosa	Caliman Agrícola S/A – ES	Resistente (Santos, 2009)
SS-72/12	Linhagem	Solo	Papaya Ceres Linhares – ES	Resistente (Santos, 2009)

*Resistência Parcial à Podridão-do-Pé do Mamoeiro.

4.2. Delimitação experimental e condução dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos, no ano de 2018, sob condições de telado protegido localizado na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), nos meses de abril a julho de 2018. Foram semeadas três sementes por tubete de 290 cm³ contendo a mistura de areia e solo (1:1), efetuando-se, aos 15 dias, desbaste, mantendo-se uma planta por tubete. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC) com arranjo fatorial em parcelas subdivididas. Os fatores da parcela foram os seguintes: testemunhas (plantas tratadas somente com água); plantas tratadas com ASM; plantas inoculadas com *P. palmivora*; e plantas inoculadas com *P. palmivora* + ASM, com três repetições. A subparcela foi constituída pelos genótipos de mamoeiro. A unidade experimental foi composta por seis plantas em tubete. Após germinação, foram aplicados, semanalmente, 10 mL⁻¹ por tubete de solução nutritiva completa, proposta por Hogland e Arnon (1950).

O segundo experimento foi conduzido em telado, mas sem cobertura (a céu aberto), também localizado na UAP-UENF, durante os meses de setembro a novembro de 2018. Foram realizados os mesmos tratamentos culturais do primeiro experimento, bem como a mesma composição de substrato e o mesmo delineamento experimental. No entanto, devido à germinação deficiente das sementes disponíveis no período, os genótipos 'Tainung 01', Golden, Maradol, UC14 e 36/7 não puderam ser avaliados no segundo ensaio. A insolação e a temperatura observadas em alguns dias, no segundo período de avaliação, ocasionaram também perdas de plantas em parcelas, notadamente nas que apresentaram germinação deficiente.

4.3. Inóculo de *Phytophthora palmivora*

O isolado utilizado nos experimentos foi obtido a partir do isolamento direto/indireto, em meio de cultura BDA (Batata Dextrose Agar), de plantas de mamoeiro coletadas em área comercial da empresa Caliman Agrícola S/A, apresentando sintomas da podridão-do-pé (Alfenas et al., 2007). A cultura foi purificada em meio de cultura seletivo PCNB (Ágar + Pentacloronitrobenzeno) e depois retornada ao meio BDA para armazenamento (Erwin & Ribeiro, 1996).

Realizou-se a caracterização morfológica, a qual condiz com a descrição de *Phytophthora palmivora* (Erwin & Ribeiro, 1996).

4.4. Aplicação do indutor de resistência acibenzolar-s-methyl e inoculação de *P. palmivora*

Pulverizou-se calda contendo 20 mg.L⁻¹ do ingrediente ativo ASM (Bion® WG 500, Syngenta), aos 57 dias após o semeio ou plantio (dap), com o auxílio de atomizador manual. Aplicou-se um volume da calda nas folhas, em cada muda, até o início do escorrimento. No segundo experimento, a calda foi preparada com 30 mg de ASM por litro, e pulverizaram-se, também, mudas com 57 dap.

A produção do inóculo foi adaptada a partir de trabalhos realizados por Silva e Doihara (2003), Tocafundo (2008) e Santos e Luz (2011). Foram utilizados frutos verdes de mamoeiro com casca lisa e isenta de sintomas ou lesões. Posteriormente, os frutos foram higienizados em água com detergente neutro, enxaguados em água de torneira e submetidos à desinfestação em solução 5% de hipoclorito de sódio em água, por 15 min. Os frutos foram secos e acondicionados em bandejas de plástico; com o auxílio de um furador manual de 1 cm de diâmetro, realizaram-se dois furos equatoriais e opostos nos frutos. Inocularam-se, então, discos de 1 cm da cultura do patógeno, e, após uma semana de incubação, sob câmara-úmida (100% UR) em balcão de laboratório, o patógeno inoculado já havia tomado todo o fruto e produzido esporângios maduros em abundância. Os frutos colonizados e cobertos por micélio e esporângios foram lavados com 100 mL de água destilada. Empregou-se a metodologia adaptada de Santos de liberação dos zoósporos. A suspensão de esporângios foi incubada a 10 °C, em geladeira, por 20 min; em seguida, foi mantida em temperatura ambiente, durante 30 min, e calibrada com o auxílio da câmara de Neubauer. Para o primeiro experimento, o inóculo consistiu de suspensão de 5x10⁶ zoósporos.mL⁻¹; no segundo, devido à agressividade do patógeno observada no primeiro ensaio, a densidade de inóculo foi de 10⁴ zoósporos.mL⁻¹. Em ambos os ensaios, inoculou-se, aos 60 DAP, ao final da tarde, aplicando-se 5.mL⁻¹ da suspensão de zoósporos ao redor do colo das plantas, estando o substrato previamente encharcado com água de torneira, o que foi feito no mesmo dia, no período da manhã.

4.5. Alterações radiculares e de partes aéreas induzidas pelo ASM

No primeiro experimento, as avaliações do sistema radicular e de partes aéreas foram realizadas ao final do experimento, 15 dias após a aplicação do ASM. Devido à agressividade apresentada pelo isolado, as avaliações de raízes, partes aéreas e índice de cor verde (SPAD) foram efetuadas somente nas parcelas não inoculadas, com e sem aplicação de ASM. Para tanto, uma planta de cada genótipo foi coletada para a medição de raízes. Realizou-se, então, um corte na região do colo para a separação da parte aérea do sistema radicular. Logo após, as raízes foram lavadas em água corrente, com o auxílio de uma peneira, e acondicionadas em sacolas plásticas em geladeira. Posteriormente, as raízes foram pesadas e escaneadas com resolução de 300 Dpi. Em seguida, as imagens digitalizadas das raízes foram analisadas no software WinRHIZO PRO 2007 (Regent Instruments Inc., Québec, Canada), mensurando-se, digitalmente, as seguintes características: volume (VOL), área de superfície radicular (SURP) e comprimento de raiz (COMP).

Para a avaliação da parte aérea, foram amostradas três plantas por subparcela e avaliados o número de folhas (NF), a altura da planta (AP) e o diâmetro do caule (DC), com o auxílio de régua milimetrada e paquímetro digital. Foram estimados, ainda, o peso fresco (PF), o peso seco da planta toda (PSPT), o peso seco de raiz (PSR) e o peso seco de parte aérea (PSA), após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 48h.

No segundo experimento, optou-se por somente realizar a avaliação das características radiculares e do SPAD (a seguir) e somente nas parcelas não inoculadas, devido ao número reduzido de plantas obtidas/parcela. As metodologias de avaliação foram as mesmas do primeiro experimento.

4.6. Determinação do índice de cor verde (SPAD)

A determinação da intensidade de cor verde (SPAD), a qual indiretamente mede o conteúdo de clorofila da folha, foi realizada com o auxílio do medidor de clorofila SPAD-502 Konika Minolta® (Minolta Camera Co. Ltd., Japan). No primeiro experimento, a avaliação do SPAD ocorreu ao final do experimento, aos 15 dias após a aplicação do ASM. Para tanto, foram amostradas três plantas aleatoriamente de cada genótipo em cada parcela, sendo realizadas cinco medições na terceira folha, de cima para baixo, obtendo-se uma média do SPAD

(Castro et al., 2014). Essas avaliações foram conduzidas apenas nas parcelas não inoculadas.

No segundo experimento, avaliações do SPAD foram conduzidas logo a partir da inoculação do patógeno. Realizaram-se, no total, cinco avaliações nos seguintes dias: dia 0 (3 dias após a aplicação do ASM) e aos 3, 6, 9 e 12 dias após a inoculação do patógeno. Assim como no primeiro experimento, foram amostradas três plantas aleatoriamente para cada genótipo (ou subparcela) e selecionada a terceira folha a partir do ápice da planta, a mesma avaliada até o fim do experimento. Cinco medições em cada folha selecionada foram feitas, obtendo-se uma média do índice da terceira folha de cada genótipo (Castro et al., 2014). Neste experimento, a avaliação do SPAD foi conduzida em todas as parcelas, mesmo naquelas inoculadas com o patógeno, com e sem aplicação de ASM.

O SPAD coletado de cada genótipo nas diferentes parcelas foi plotado em gráfico e, por regressão linear (modelo linear), calculou-se a inclinação da reta do SPAD em função do dia de avaliação, após inoculação. Para isso, utilizou-se o programa Excel (Excel Microsoft[®] software); a inclinação da reta foi obtida com base na fórmula:

$$\hat{b} = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}$$

em que:

Y = média de Y;

X = média de X;

N = número de observações.

Tendo-se obtido a inclinação da reta das leituras SPAD, foi realizada a análise de variância dos dados com base no modelo estatístico utilizado (item 4.8).

4.7. Avaliação da incidência, severidade e mortalidade de mudas

No primeiro experimento após a inoculação, foram avaliadas, diariamente, a incidência de plantas doentes e a mortalidade de plantas. A incidência foi obtida dividindo-se o número de plantas que apresentaram qualquer sintoma relacionado à podridão-do-pé do mamoeiro (amarelecimento de folhas, murcha, anelamento e

tombamento) pelo total de plantas da parcela (6), até o 15º dia após a inoculação. A severidade foi avaliada visualmente utilizando-se escala de notas com 5 níveis (1- Plantas assintomáticas, 2- Plantas com folhas amareladas, 3- Plantas com folhas murchas, 4- Plantas com anelamento na região do caule e 5- Plantas tombadas e mortas). Com os dados acumulados no tempo, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) utilizando a fórmula de Campbell e Madden (1990).

$$AACPD = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{y_{i+1} + y_i}{2} \right) * (t_{i+1} - t_i) \right]$$

em que:

Y_i = média obtida para a incidência da doença no dia;

t_i = data da avaliação realizada.

No segundo experimento, devido a falhas de germinação e perdas de plantas, avaliou-se apenas a mortalidade de plantas após inoculação.

Para confirmar se os sintomas observados foram ocasionados pelo mesmo patógeno inoculado, ao final de ambos os experimentos, realizaram-se subamostras de plantas com sintomas, procedendo-se ao isolamento indireto de fungos em meio BDA + clorofenicol (0,05 g.L⁻¹) (Alfenas et al., 2007).

4.8. Análises estatísticas

Devido à elevada mortalidade das plantas inoculadas em ambos os experimentos conduzidos neste estudo, a análise das alterações radiculares e de parte aérea induzidas pelo ASM foi realizada apenas nas parcelas não inoculadas (testemunha; ASM), e as variáveis de doença foram determinadas apenas nas parcelas inoculadas (com *Phytophthora*; com *Phytophthora*+ASM).

Os dados dos dois experimentos foram submetidos aos testes de homogeneidade (Bartlett) e normalidade de variância (Shapiro-Wilk), e as variáveis que não atenderam aos pressupostos da ANOVA foram submetidas somente à estatística descritiva (média geral, mediana, quartis e limite inferior/superior) (Pimentel-Gomes, 2009). Para tanto, as variáveis de doenças avaliadas, incidência total (ITOT), área abaixo da curva de incidência (AINC), área abaixo da curva de

severidade (ASEV) e mortalidade (MOR), não atenderam aos pressupostos, e foi utilizada a estatística descritiva por meio da representação de gráficos Boxplot, que auxiliam na visualização da dispersão dos dados (média geral, mediana, quartis e desvios) (R Core Team, 2017).

As variáveis morfológicas atenderam aos pressupostos e foram submetidas à análise de variância (ANOVA), adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_j + \varepsilon_{ij} + B_k + AB_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = valor do i-ésimo tratamento na j-ésima parcela e na k-ésima repetição;

μ = constante geral representando os valores obtidos;

A_i = efeito do i-ésimo nível do indutor;

R_j = efeito do j-ésimo bloco;

ε_{ij} = erro experimental entre o i-ésimo nível do indutor e j-ésimo bloco;

B_k = efeito do k-ésimo nível do genótipo;

AB_{ik} = efeito da interação entre o i-ésimo nível do indutor e do k-ésimo nível do genótipo;

ε_{ijk} = erro experimental entre o i-ésimo nível do indutor e j-ésimo bloco e k-ésimo nível do genótipo.

Quando observada a significância, o teste de média empregado foi o de agrupamento de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade do erro admissível.

No segundo experimento, o modelo utilizado para a análise de variância da da variável Inclinação SPAD em todas as parcelas está descrito abaixo:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_k + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk} + C_k + CA_{ik} + CB_{jk} + ACB_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = valor do i-ésimo tratamento na j-ésima parcela e na k-ésima repetição;

μ = constante geral representando os valores obtidos;

r = efeito do j-ésimo bloco;

A_i = efeito do i-ésimo nível do fator indutor;

B_j = efeito do j-ésimo nível do fator inoculação;

ε_{ij} = erro experimental entre o i-ésimo nível do indutor e j-ésimo nível da inoculação;

C_k = efeito do k-ésimo nível do fator genótipos;

CA_{ik} = efeito da interação entre o i-ésimo nível do genótipo e do k-ésimo nível do indutor;

CB_{jk} = efeito da interação entre o j-ésimo nível da inoculação e do k-ésimo nível dos genótipos;

ACB_{ijk} = efeito da interação entre os níveis do indutor, inoculação e genótipos;

ε_{ijkl} = erro experimental entre o i-ésimo nível do fator indutor, j-ésimo nível da inoculação, k-ésimo nível dos genótipos.

Quando observada a significância, o teste de média empregado foi o de agrupamento de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Por fim, realizou-se a análise da Correlação de Spearman entre os caracteres morfológicos e SPAD, incluindo-se os dados das parcelas com e sem aplicação de ASM, e também para as variáveis de doença. Em razão do maior número de plantas e variáveis estudadas, a análise foi realizada apenas no conjunto de dados do primeiro experimento. Para tanto, foram confeccionados, no ambiente R (R Core team, 2017), os gráficos contendo os coeficientes de correlação estimados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Alterações morforadiculares e de parte área e variação do SPAD após aplicação de ASM em genótipos de mamoeiro

5.1.1. Experimento conduzido sob telado

No experimento sob telado e nas parcelas não inoculadas, observou-se significância para genótipo e para a interação genótipo x indutor para variáveis VOL, COMP, SURP, PF e PSR a 5% de probabilidade pelo teste F. Para as variáveis SPAD e AP, foi observada apenas significância para genótipo. Para as demais variáveis, DC e NF, não foi observada significância entre tratamentos para nenhum dos fatores genótipo, indutor e interação genótipo x indutor (Tabela 2).

Para todos os caracteres radiculares avaliados, o híbrido 'Tainung 01' foi o único genótipo que apresentou incrementos de raízes após a aplicação do ASM nas parcelas não inoculadas. No entanto, os híbridos UC14 e UC16, junto aos parentais elite SS-72/12 e 36/7, demonstraram diminuição nas variáveis avaliadas após a aplicação do ASM, obtendo menores médias dos caracteres avaliados na parcela com o ASM quando comparada à parcela sem o indutor (Tabela 3).

As variáveis AP, PST, PSR, PSA e SPAD apresentaram efeito significativo apenas para genótipo. Maiores médias para altura foram encontradas no primeiro grupo constituído pelos genótipos 19, SS-72/12 e Golden, e a menor média foi a do genótipo Maradol. Para as variáveis ligadas ao PF, PST, PSR e PSA, observou-se a tendência de formação de grupos maiores, constituídos pelos genótipos do grupo

Formosa: Sekati, UC10, UC12, 36/7 e 41/7. Quanto ao índice SPAD, as maiores médias foram as dos genótipos UC14, 36/7, 41/7, SS-72/12, JS-12, 19, Sekati, Maradol e UC10, enquanto a menor média foi verificada para o genótipo Golden (Tabela 4).

Tabela 2. Quadro de análise de variância das variáveis estudadas nas parcelas testemunha (somente água) e com indutor de resistência ASM de 14 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman Agrícola S/A.

FV	GL	Quadrado Médio					
		DC	NF	AP	VOL	COMP	SURP
Indutor	1	0,9073 ^{ns}	0,4503 ^{ns}	8,0105 ^{ns}	0,05658 ^{ns}	61625 ^{ns}	895,33 ^{ns}
Bloco	2	4,5455 ^{ns}	3,6986 ^{ns}	2,8152 ^{ns}	0,07566 ^{ns}	28807 ^{ns}	478,62 ^{ns}
Erro a	2	1,5109	0,4951	0,8645	0,00436	4342	86,26
Genótipo	13	1,1809 ^{ns}	1,4108 ^{ns}	4,5022 ^{***}	0,41794 ^{***}	85544 ^{**}	1915,38 ^{**}
Gen * Ind	13	1,6154 ^{ns}	0,6479 ^{ns}	0,3277 ^{ns}	0,14552 [*]	65683 [*]	1324,97 [*]
Erro b	52	1,3869	0,7595	0,5826	0,0621	28706	594,26
CV 1(%)		32,02	10,31	7,22	5,10	7,83	7,94
CV 2 (%)		30,68	12,77	5,93	19,27	20,14	20,85

^{ns} Não significativo; *, **, ***Significância a 0,05; 0,01; 0,001, respectivamente. DC: diâmetro do caule próximo ao primeiro nó do colo da planta; NF: número de folhas totais; AP: altura de mudas de mamoeiro avaliada; VOL: volume de raízes de mamoeiro avaliadas no software WinRHIZO; COMP: comprimento de raízes de mamoeiro avaliadas no software WinRHIZO; SURP: área de superfície radicular dos genótipos de mamoeiro avaliados no software WinRHIZO.

Tabela 2. Cont.

FV	GL	Quadrado Médio				
		PF	PST	PSR	PSA	SPAD
Indutor	1	0,59170*	0,00472	0,078538	0,06361	89,363 ^{ns}
Bloco	2	0,2584 ^{ns}	0,59963	0,37413	0,29976	34,606 ^{ns}
Erro a	2	0,02152	0,19291	0,013161	0,22849	24,485
Genótipo	13	2,00800***	1,05567***	0,240878***	0,42618**	28,624***
Gen * Ind	13	0,61439*	0,24615	0,030721	0,11838	6,682 ^{ns}
Erro b	52	0,27189	0,17710	0,049002	0,14462	7,916
CV 1 (%)		5,49	19,68	17,66	30,30	13,10
CV 2 (%)		19,52	18,86	34,1	24,26	7,45

^{ns} Não significativo; *, **, ***Significância a 0,05; 0,01; 0,001, respectivamente; PF: Peso Fresco de Raiz; PST: Peso Seco da Planta Toda; PSR: Peso Seco de Raiz; PSA: Peso Seco de Parte Aérea; SPAD: Índice de Cor Verde coletado com auxílio do medidor de clorofila portátil.

Tabela 3. Caracteres radiculares, avaliados no software WinRHIZO, dos genótipos que apresentaram significância para a interação entre indutor x genótipo, 15 dias após a aplicação de ASM.

Parcela	VOL								
	Tainung 01	Maradol	Golden	UC01	UC10	UC12	UC14	UC16	Sekati
Sem indutor	1,06bB	1,12aB	1,36aA	0,95aB	1,45aA	1,16aB	1,18aB	1,53aA	1,96aA
Com indutor	1,67aA	1,19aB	1,39aA	1,02aB	1,64aA	1,34aA	0,9aB	1,13bB	1,86aA
Parcela	COMP								
	Tainung 01	Maradol	Golden	UC01	UC10	UC12	UC14	UC16	Sekati
Sem indutor	651,4bB	751,1aB	887,6aA	787,9aB	937,4aA	691,4aB	1013,0aA	1157,84aA	1078,15aA
Com indutor	961,3aA	711,4aB	839,4aB	756,9aB	1107aA	902,3aA	528,44bB	798,23bB	979,03aA
Parcela	SURP								
	Tainung 01	Maradol	Golden	UC01	UC10	UC12	UC14	UC16	Sekati
Sem indutor	92,9bB	102,78aB	118,84aA	97,22aB	130,74aA	94,13aB	134,67aA	163,89aA	156,17aA
Com indutor	141,5aA	103,1bB	114,54aB	102,39a	151,20a	126,43a	72,94b	118,77b	138,41a
Parcela	PF								
	Tainung 01	Maradol	Golden	UC01	UC10	UC12	UC14	UC16	Sekati
Sem indutor	2,4bB	2,20aB	2,45aB	2,13aB	3,33aA	2,7aB	2,8aB	2,63aB	3,93aA
Com indutor	3,4aA	2,45aB	2,13aB	1,95aB	3,96aA	2,73aB	1,7bB	2,36aB	3,70aA

Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot em 5% de probabilidade.

Tabela 3. Cont.

Parcela	VR				
	SS-72/12	JS-12	36/7	41/7	19
Sem indutor	1,49aA	0,80aB	1,21aB	1,71aA	1,46aA
Com indutor	0,92bB	1,04aB	0,98aB	1,45aA	1,17aB
Parcela	COMP				
	SS-72/12	JS-12	36/7	41/7	19
Sem indutor	761,55aB	611,49aB	888,53aA	903,94aA	1031,28aA
Com indutor	733,71aB	661,35aB	731,81aB	740,83aB	942,80aA
Parcela	SURP				
	SS-72/12	JS-12	36/7	41/7	19
Sem indutor	108,09aB	82,11aB	129,23aA	130,19aA	141,22aA
Com indutor	96,79a	94,07a	102,58aB	100,50a	127,52a
Parcela	PF				
	SS-72/12	JS-12	36/7	41/7	19
Sem indutor	2,9aB	2,9aB	2,90aB	3,75aA	2,9aB
Com indutor	2,1aB	2,1aB	2,05bB	3,03aA	2,33aB

Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot em 5% de probabilidade.

Tabela 4. Teste de agrupamentos de médias Scott-Knott para as variáveis Altura de Planta (AP), Peso Seco Total (PST), Peso Seco de Raiz (PSR) e Peso Seco de Parte Aérea (PSA) e SPAD de 14 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman Agrícola S/A.

Genótipo	AP (cm)	Genótipo	PST	Genótipo	PSR	Genótipo	PSA	Genótipo	SPAD
19	14,49a	Sekati	3,08a	Sekati	1,14a	UC10	2,13a	UC14	40,22a
Golden	13,85a	UC10	2,93a	UC10	0,79b	Sekati	1,94a	36/7	40,05a
SS-72/12	13,69a	41/7	2,64b	UC12	0,78b	41/7	1,90a	41/7	39,72a
UC10	13,17b	UC12	2,48b	41/7	0,74b	36/7	1,85a	SS-72/12	39,67a
Tainung 01	13,13b	36/7	2,42b	Tainung 01	0,68b	UC12	1,68b	JS-12	38,79a
36/7	13,12b	Tainung 01	2,30c	SS-72/12	0,60b	Tainung 01	1,61b	19	38,75a
JS-12	12,95b	19	2,16c	19	0,58b	UC14	1,58b	Sekati	38,67a
UC01	12,91b	UC14	2,11c	Golden	0,58b	19	1,57b	Maradol	37,90a
UC14	12,52c	Maradol	1,94c	36/7	0,56b	Maradol	1,46b	UC10	37,89a
UC12	12,46c	UC16	1,92c	UC16	0,55b	UC16	1,36b	UC16	37,01a
41/7	12,42c	SS-72/12	1,89c	UC14	0,52b	JS-12	1,31b	Tainung 01	36,32a
UC16	12,33c	Golden	1,80c	UC01	0,50b	SS-72/12	1,28b	UC01	36,10a
Sekati	12,10c	UC01	1,78c	Maradol	0,47b	UC01	1,28b	UC12	35,08b
Maradol	10,90d	JS-12	1,73c	JS-12	0,41b	Golden	1,21b	Golden	32,49c

Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot em 5% de probabilidade.

No presente experimento, o genótipo 'Tainung 01' foi o único a apresentar incrementos nas características radiculares avaliadas após a aplicação de ASM, algo inédito quando se refere à cultura do mamoeiro (Zhu et al., 2003, Oliveira e Nishijima, 2014). Na literatura, incrementos na altura, peso fresco de parte aérea de plantas de berinjela e tomateiro também foram encontrados por Mouhanna (2018), utilizando diferentes doses de ASM para o controle de nematoides. Todavia, neste caso, os incrementos observados no genótipo 'Tainung 01' podem ser atribuídos a feitos fisiológicos não mensurados no experimento, tais como, aumento na taxa fotossintética, produção de hormônios e aumento da condutância estomática (Kováčik, 2009; Khan et al., 2015; Klessig et al., 2018).

O indutor de resistência afeta diretamente o balanço energético da planta, realocando reservas antes direcionadas ao crescimento vegetativo, para a indução de resistência (Kunh, 2007). A diminuição de parâmetros associados ao crescimento vegetativo é esperada, tendo em vista que as plantas não foram inoculadas com o patógeno, resultando num dispêndio desnecessário de reservas destinadas às reações de defesa. Egel et al. (2018), avaliando o potencial do ASM para o controle da murcha de *Erwinia* na cultura do meloeiro, verificaram que, na ocorrência da baixa intensidade e severidade da murcha bacteriana, houve um decréscimo na produtividade da cultura, ocasionado pelo custo metabólico da aplicação deste indutor. Zhu et al. (2004) avaliaram o efeito de diferentes doses de ASM na indução de resistência em mudas de mamoeiro à podridão-do-pé em condições controladas de inoculação e observaram o efeito positivo para o controle da doença; no entanto, observaram médias menores de diâmetro de caule e de altura de plantas com o aumento da dose do ASM, em concordância com resultados obtidos neste estudo para os híbridos UC14 e UC16 e parentais elite 36/7 e SS-72/12.

As maiores médias para altura foram encontradas no primeiro grupo constituído pelos genótipos 19, SS-72/12 e Golden (Tabela 4). Estes genótipos pertencem ao mesmo grupo heterótico Solo, mas essa não é uma característica inerente do referido grupo. O genótipo Maradol apresentou a menor altura, algo já observado em experimentos anteriores conduzidos pelo grupo do melhoramento do mamoeiro da UENF, sendo esta uma característica inerente ao genótipo.

Em se tratando das variáveis PST, PSR e PSA, o grupo de maiores médias foi composto pelos genótipos pertencentes ao mesmo heterótico Formosa,

constituídos pelos genótipos Sekati, UC10, UC12, 41/7 e 36/7. O grupo Formosa é reconhecido por plantas de maior robustez, produtividade, tamanho de frutos, o que pode estar correlacionado aos resultados obtidos no presente experimento.

A variável SPAD é um forte indicador da atividade fotossintética de plantas, que pode ser correlacionado com o teor de nitrogênio foliar e com a concentração de clorofila (Castro et al., 2014). No presente trabalho, o intuito foi mensurar possíveis efeitos fitotóxicos (amarelimento de folhas) em genótipos de mamoeiro devido à aplicação do ASM. No entanto, não foi verificado efeito significativo para indutor e tampouco para a interação genótipo x indutor efeito significativo quanto ao SPAD. De fato, não foi possível identificar no presente experimento através da avaliação do SPAD possíveis efeitos fitotóxicos oriundos à aplicação do ASM.

Os maiores valores de SPAD foram apresentados por genótipos de ambos os grupos heteróticos, Solo e Formosa. Netto (2005) avaliou o SPAD de cinco genótipos de mamoeiro (Golden, SS-72/12, Tainung 01, JS-12 e UC01) e observou que o genótipo Golden apresentou os menores valores. Os demais genótipos foram agrupados no grupo de maior média assim como o observado no presente experimento para os genótipos SS-72/12, Tainung 01, JS-12 e UC01). Castro et al. (2014) e Paixão (2018) também observaram que os valores de SPAD do genótipo Golden foram menores quando comparados ao genótipo Sunrise Solo, algo esperado devido à característica de folhas verde-amarelas que o genótipo Golden possui. Portanto, para o presente experimento, a variável SPAD não obteve êxito em demonstrar possíveis efeitos fitotóxicos advindos da aplicação com ASM. Tal resultado pode estar atrelado a avaliação única realizada ao final do experimento, momento o qual o efeito da aplicação do produto já apresentava pouco, ou nenhum, efeito.

5.1.2. Experimento conduzido a sol pleno

No segundo experimento, conduzido a sol pleno, observou-se efeito significativo de genótipo, parcela (com e sem ASM) e interação entre genótipo x indutor para as variáveis de raízes COMP, SURP, VOL e PF (Tabela 5).

Após o desdobramento da interação genótipo x indutor, constatou-se diferença estatística para, pelo menos, um genótipo de cada variável avaliada. Para todas as variáveis analisadas, exceto COMP para o genótipo 19, houve o

decréscimo de médias com a aplicação de ASM (Tabela 6). Os genótipos UC16 e SS-72/12 apresentaram decréscimos médios de características de raízes (VOL, SURP e PF) assim como o observado no primeiro experimento conduzido sob sombrite.

A SURP é uma característica importante por estar diretamente correlacionada à absorção de nutrientes e ao pegamento das mudas após transplântio. A redução nessa superfície pode acarretar problemas na nutrição das plantas ou, em caso de condições adversas, como déficit hídrico e baixo teor de nutrientes no solo, levar à mortalidade de plantas após transplântio bem como predispor as mudas a patógenos do solo. O indutor de resistência proporcionou um decréscimo na superfície de raízes em 45, 56, 56 e 31%, respectivamente para os genótipos 41/7, JS-12, Sekati e UC16.

A redução do PF também indica uma possível realocação nos insumos gastos no crescimento para a indução de resistência. O genótipo com maior alteração no PF foi o genótipo JS-12, com 68% de redução de média desta variável após a aplicação do ASM.

Quanto à inclinação do SPAD, no entanto, observou-se significância apenas para inoculação e para genótipo, mas não para aplicação de ASM. Dada a alta mortalidade de plantas nas parcelas inoculadas, o SPAD decaiu igualmente para todos os genótipos quando se inoculou o patógeno. Assim, nas parcelas não inoculadas, observou-se mais fortemente o efeito dos genótipos (Tabela 7). Houve forte queda do SPAD das parcelas inoculadas comparadas às parcelas não inoculadas. Todavia, pela ANOVA, não houve diferença significativa para inoculação em razão de o modelo estatístico utilizado favorecer o efeito genotípico ou de genótipos. Realizou-se, portanto, somente a análise gráfica (Figura 1). Nota-se que o SPAD decaiu fortemente quando se inoculou o patógeno, e a queda foi mais acentuada quando se aplicou ASM. Neste ensaio, foram realizadas apenas quatro avaliações do SPAD devido à morte prematura de todos os genótipos, dada a agressividade do isolado nas condições experimentais.

Tabela 5. Quadro de Análise de Variância das variáveis estudadas nas parcelas testemunha (somente água) e ASM de nove genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman Agrícola S/A.

FV	GL	Quadrado Médio			
		COMP	SURP	VOL	PF
Indutor	1	279196 ^{ns}	17379,4 ^{ns}	4,395*	12,8042**
Bloco	2	22967 ^{ns}	520,5 ^{ns}	0,1096 ^{ns}	0,1766 ^{ns}
Erro a	2	93973	1275,55	0,1266	0,0216
Genótipo	8	210302**	4906,8***	0,8417***	1,9441***
Gen * Ind	8	142562*	2057,1*	0,3420**	0,9194**
Erro b	32	54657	719,5	0,0996	0,22399
CV 1 (%)		42,21	32,67	26,48	5,44
CV 2 (%)		32,19	24,50	23,48	17,51

^{ns} Não significativo; *, **, ***Significância a 0,05; 0,01; 0,001, respectivamente. COMP: Comprimento de Raiz; SURP: Área da Superfície Radicular; VOL: Volume Radicular; PF: Peso Fresco de Raiz

Tabela 6. Teste de agrupamento de médias para variáveis Comprimento de Raiz (COMP), Área de Superfície (SURP), Volume de Raíz (VOL) e Peso Fresco de Raiz (PF) de nove genótipos de mamoeiro do BAG-Caliman S/A.

Parcela	COMP								
	UC01	UC10	UC12	UC16	Sekati	SS-72/12	JS-12	41/7	19
Sem Indutor	446,86aB	780,47aA	853,04aA	1161,03aA	897,07aA	445,34aB	1019,77aA	819,27aA	760,58bA
Com Indutor	609,78aB	594,19aB	726,04aB	907,70aA	508,54aB	445,34aB	385,76bB	536,45aB	1175,32aA
Parcela	SURP								
	UC01	UC10	UC12	UC16	Sekati	SS-72/12	JS-12	41/7	19
Sem indutor	79,97aC	123,21aB	127,12aB	194,13aA	148,24aB	59,84aC	154,15aB	132,43aB	126,26aB
Com indutor	88,59Ab	93,03aB	117,53aA	134,18bA	65,64bB	59,84aB	68,21bB	72,86bB	123,57aA
Parcela	VOL								
	UC01	UC10	UC12	UC16	Sekati	SS-72/12	JS-12	41/7	19
Sem indutor	1,02aC	1,54a	1,5a	2,58aA	1,96aB	0,66aC	1,85aB	1,73aB	1,66aB
Com indutor	1,14aB	1,16aB	1,51aA	1,58bA	0,67bB	0,66aB	0,96bB	0,8bB	1,12bB
Parcela	PF								
	UC01	UC10	UC12	UC16	Sekati	SS-72/12	JS-12	41/7	19
Sem indutor	1,93aD	3,3aC	2,7aD	4,72aA	3,23aC	2,61aD	3,7aB	3,25aC	3,26aC
Com indutor	1,9aB	2,67aA	3,13aA	2,79bA	1,68bB	1,56bB	2,55bA	1,47bB	2,15bB

Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot em 5% de probabilidade.

Tabela 7. Quadro de Análise de Variância e teste de agrupamentos de médias de nove genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman Agrícola S/A.

FV	GL	QM	Genótipo	SPAD
		Inclinação SPAD		
Blc	2	15,93 ^{ns}	SS-72/12	48,58a
Indutor	1	4,55 ^{ns}	UC16	49,49a
Phytophthora	1	1,51 ^{***}	UC10	46,99b
Ind x Phy	1	1,18 ^{ns}	41/7	46,84b
Erro a	6	1,61 ^{ns}	19	45,94b
Genótipo	8	6,03 [*]	UC01	45,86b
Ind x Gen	8	2,41 ^{ns}	JS-12	42,75c
Phy x Gen	8	1,14 ^{ns}	UC12	42,65c
Ind x Phy x Gen	8	5,13 ^{ns}	SEKATI	42,05c
Erro b	64	2,1891		
CV 1(%)		36,87		
CV 2 (%)		30,28		

^{ns} Não significativo; *, **, ***Significância a 0,05; 0,01; 0,001, respectivamente, para a variável Inclinação SPAD para os nove genótipos de mamoeiro avaliados com o auxílio do medidor portátil. Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot em 5% de probabilidade.

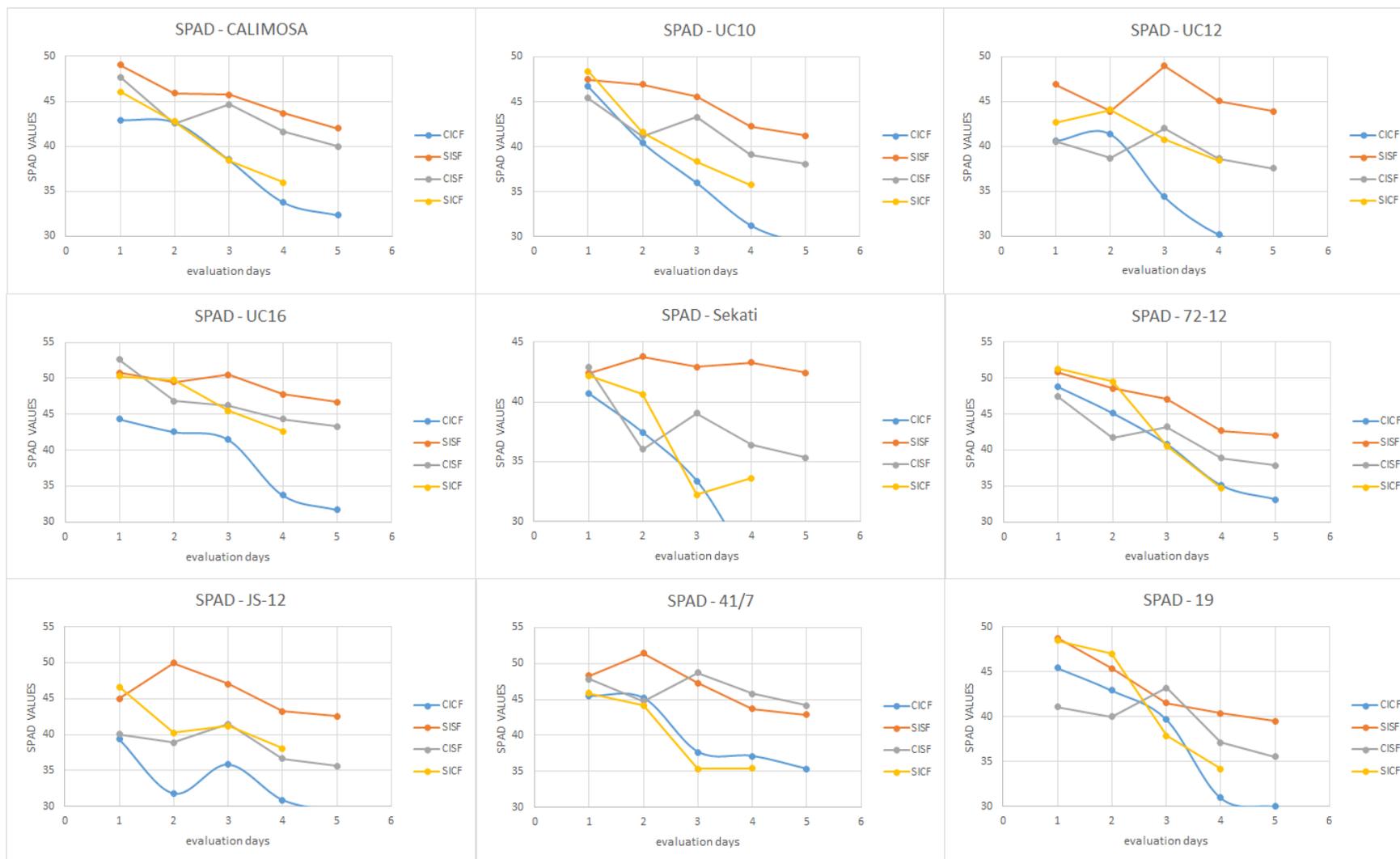


Figura 1. SPAD obtido dos nove genótipos de mamoeiro utilizados no experimento conduzido a sol pleno nas parcelas CICF (*Phytophthora*+ ASM); SISF (testemunhas com água); CISF (Apenas ASM); e SICF (Apenas *Phytophthora*). Dia de avaliação no eixo X e valores do Índice SPAD coletados com o auxílio do medidor portátil no eixo Y.

Assim como o observado no experimento conduzido sob telado com cobertura de sombrite a sol pleno e na presença do indutor de resistência, todos os genótipos tenderam a apresentar decréscimos nas características de raízes e partes aéreas, exceto para o genótipo 19. O genótipo 19 assim como o genótipo 'Tainung 01', no experimento sob telado coberto, foram os únicos a demonstrar incrementos na variável COMP na presença do ASM, o que merece investigações mais aprofundadas. Os genótipos SS-72/12 e UC16, ambos presentes no experimento sob telado e a sol pleno, apresentaram a mesma resposta ao ASM, apresentando diminuição das raízes em geral. Como mencionado anteriormente, a aplicação do ASM na ausência do patógeno pode haver apresentado um custo fenotípico para a planta, podendo ocasionar a diminuição das raízes. Observou-se também que um maior número de genótipos que responderam à aplicação do ASM no segundo experimento. Este fato que pode estar relacionado à maior exposição direta ao sol, acarretando maior taxa fotossintética para suprir a demanda energética após a aplicação do indutor no segundo experimento.

Os genótipos com as maiores médias de SPAD foram o genitor elite SS-72/12 e os híbridos UC10 e UC16, valores estes aproximados aos encontrados por Castro et al. (2014) e Paixão (2018) para o genitor SS-72/12. A queda nos valores do SPAD é um fenômeno esperado na cultura do mamoeiro, que pode ser explicada por diversos fatores. O primeiro é a senescência das folhas, mediada pela produção de etileno (Taiz et al., 2017). Tal fato explica a diminuição nos valores ao longo da avaliação da mesma folha na parcela testemunhas, sem aplicação do ASM. Pode-se apontar, como um segundo fator, a maior queda observada nas parcelas tratadas por ASM, que também pode ser explicada pelo possível desbalanço energético ocasionado pelo ASM, realocando reservas para a indução, mesmo na ausência do patógeno, ou interferindo na síntese de hormônios, inclusive etileno. Em um terceiro fator, nas parcelas inoculadas com o patógeno, com e sem aplicação de ASM, a queda acentuada do SPAD pode ser associada à rápida morte de radículas e redução da atividade radicular da planta, impedindo a absorção de água e nutrientes, ocasionando o rápido amarelecimento da parte aérea (Taiz et al., 2017).

Quando comparada ao experimento sob telado, a variável SPAD no experimento a pleno sol conseguiu demonstrar um maior declínio ao longo do

período avaliado na parcela onde o ASM foi aplicado, devido ao maior número de avaliações.

5.2. Acibenzolar-s-methyl no controle da podridão-do-pé do mamoeiro

5.2.1. Experimento conduzido sob telado

A partir do terceiro dia após a inoculação, já foram observados sintomas iniciais da podridão-do-pé do mamoeiro em ambos os experimentos, em todas as parcelas inoculadas. Para alguns genótipos, no entanto, a morte das plantas se deu a partir do oitavo dia após a inoculação, tais como, UC10, UC12, UC14 e 36/7. Todos os genótipos, com ou sem a aplicação do indutor de resistência, apresentaram, pelo menos, uma planta na unidade experimental com sintomas progressivos e severos da podridão-do-pé do mamoeiro (Figura 4).

Para todas as variáveis de doença avaliadas no experimento, observou-se grande variação nos dados obtidos nas parcelas inoculadas, tanto na presença quanto na ausência do ASM, demonstrado pelas médias e suas amplitudes (Figura 4).

Na parcela inoculada com o patógeno e pulverizada com ASM, os genótipos Golden, UC12, UC14, 36/7 e 41/7 apresentaram valores de mediana inferiores, bem como 1° e 3° quartil inferiores em relação à parcela inoculada e sem ASM, para as variáveis ITOT, AINCI, ASEV e MORT (Figura 4).

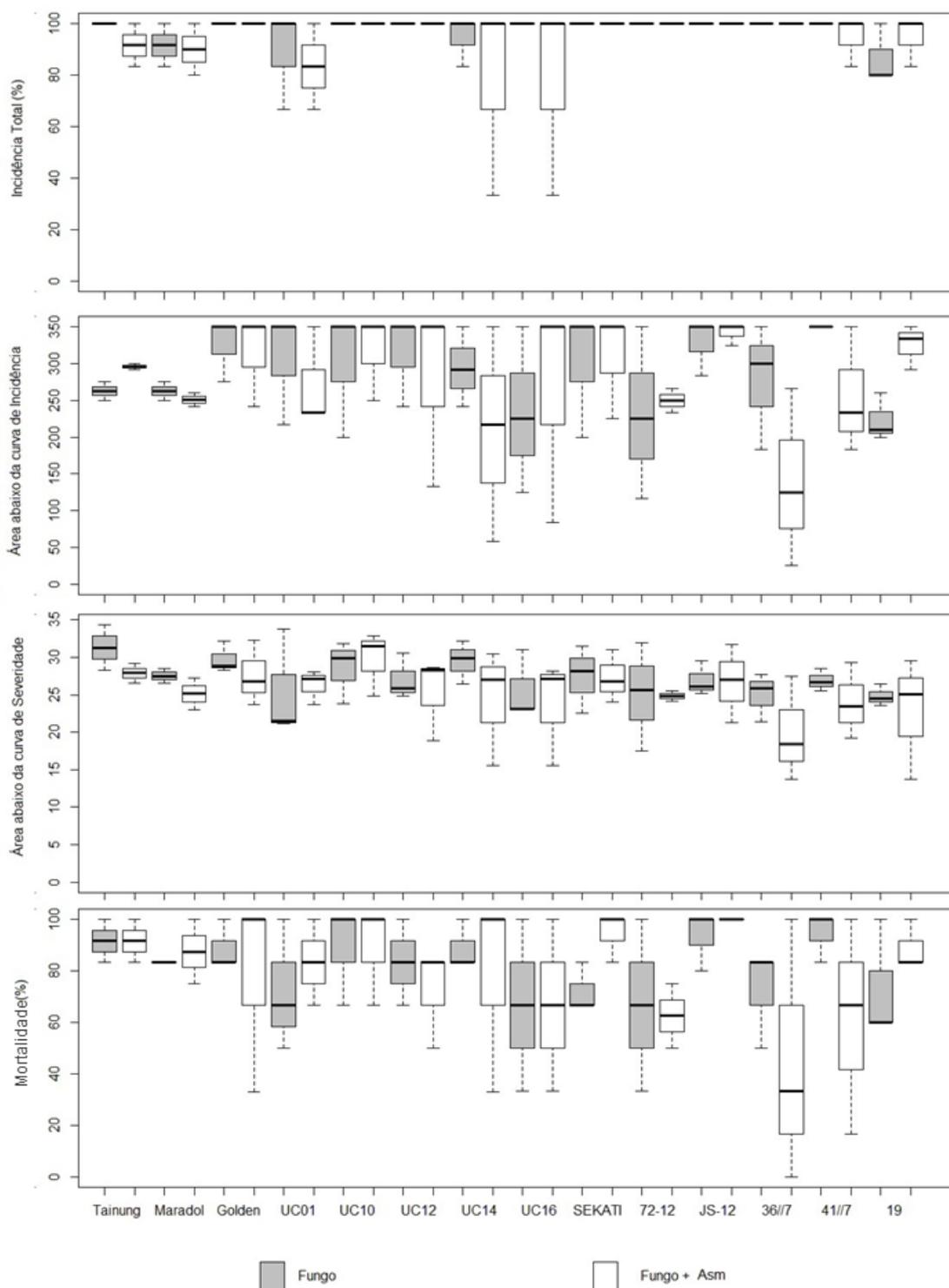


Figura 2. Gráfico Boxplot referente às variáveis Incidência Total, AACPD de Incidência, AACPD de Severidade e Mortalidade de genótipos de mamoeiro submetidos à inoculação de *Phytophthora palmivora* na ausência e presença do indutor de resistência ASM. Genótipos utilizados no experimento localizados no eixo Y e valores das variáveis de incidência no eixo X. --- = média geral da variável avaliada no experimento.

A taxa elevada de mortalidade observada em experimentos de inoculação é um resultado comum em estudos similares conduzidos neste patossistema (Santos e Luz, 2011, Oliveira et al., 2014). Trabalhos realizados anteriormente visando a identificação de genótipos resistentes à podridão-do-pé do mamoeiro relatam a morte prematura de mudas de mamoeiro, a partir de uma semana após a inoculação com o patógeno, ao se inocularem mudas de 45 a 60 dias de idade (Oliveira et al., 2014). A metodologia de inoculação com zoósporos em plantas com 60 dias de idade e a agressividade deste patógeno inoculado na forma de suspensão de zoósporos condicionam alta mortalidade de mudas; em geral, nenhum dos genótipos até então testados apresentou resistência total ou imunidade à podridão-do-pé do mamoeiro quando inoculado nesta fase de mudas (Santos e Luz, 2011; Oliveira et al., 2014).

Constatou-se, na avaliação das características radiculares e de parte aérea, que o híbrido comercial 'Tainung 01' apresentou incrementos nas médias das características radiculares quando exposto ao ASM. No entanto, o vigor e o maior crescimento das raízes não se correlacionou com a resistência do genótipo ao patógeno *P. palmivora* neste experimento, pois, para este genótipo, os valores de incidência, aacpd de incidência e mortandade foram igualmente elevados. Relatos da suscetibilidade do híbrido Tainung 01 foram obtidos por Dianese et al. (2007) em experimento sob condições controladas em telado, utilizando solo infestado naturalmente por *P. palmivora*.

Para os genótipos Golden, UC12, UC14, UC16, 36/7 e 41/7, as parcelas inoculadas e pulverizadas com ASM apresentaram medianas, 1º e 3º quartis menores, quando comparados às parcelas somente inoculadas. O genitor elite 36/7 apresentou o maior número de sobreviventes, observado pela mediana de valores abaixo de 35%. Outro fator que pode haver contribuído para a diminuição nas médias de doença do genitor elite 36/7 e do híbrido UC14 foi o menor crescimento de raiz na presença do ASM, diminuindo a disponibilidade de tecidos suscetíveis ao patógeno, aumentando as chances de eventual escape à inoculação.

Efeitos positivos do ASM no controle da podridão-do-pé do mamoeiro foram relatados por Zhu et al. (2004), Tavares et al. (2009) e Oliveira e Nishijima (2014). Estes autores demonstraram que o ASM contribui para a superexpressão de proteínas ligadas à patogênese, bem como a maior produção de lignina, que possui função estrutural, o que pode haver auxiliado na sobrevivência deste genótipo.

Todavia, por este experimento, a metodologia de inoculação e a fase em que as mudas foram inoculadas mostraram-se altamente propícias à doença, resultando em altos valores de incidência de plantas doentes e mortas.

5.2.2. Experimento conduzido a sol pleno

Assim como observado no primeiro experimento, os sintomas iniciais da podridão-do-pé do mamoeiro ocorreram a partir do terceiro dia após a inoculação do patógeno. A partir do sétimo dia, várias plantas de alguns genótipos colapsaram completamente, na forma de murcha permanente, ou tombaram devido à podridão basal.

Como mencionado anteriormente, houve um severo problema com a germinação de sementes e perda devido à insolação elevada no período de condução do experimento, diminuindo significativamente o número de plantas no experimento, permitindo somente a avaliação da mortalidade ao longo do tempo.

Mesmo com a redução da densidade de inóculo e com o aumento na dose do indutor de ASM, a mortalidade de todos os genótipos, quando inoculados, foi elevada, sendo a média geral de 95% (Figura 3).

Os genótipos UC01, UC10, UC16, Sekati, SS-72/12 e 19 apresentaram menores valores de mortalidade na presença do ASM. No entanto, para o genótipo UC12, foi observado efeito inverso da aplicação do ASM, com menores valores de mortalidade de plantas na ausência do indutor.

Diferentemente do observado na primeira condução do experimento, na segunda vez, a variação nos dados de mortalidade foi menor (Figura 5). No entanto, a média geral da mortalidade de mudas observada no experimento foi maior quando comparada com o primeiro tempo. Acredita-se que esse aumento seja decorrente da condição de maior fragilidade e exposição das plantas ao calor no telado (fechado lateralmente) e a céu aberto. Ademais, durante a condução do experimento, ocorreram picos discretos de precipitação, dispensando-se a necessidade de irrigação manual. Pela mesma razão, nestes períodos, não foi possível controlar a umidade e ocorreu encharcamento do substrato, predispondo as mudas ainda mais à doença.

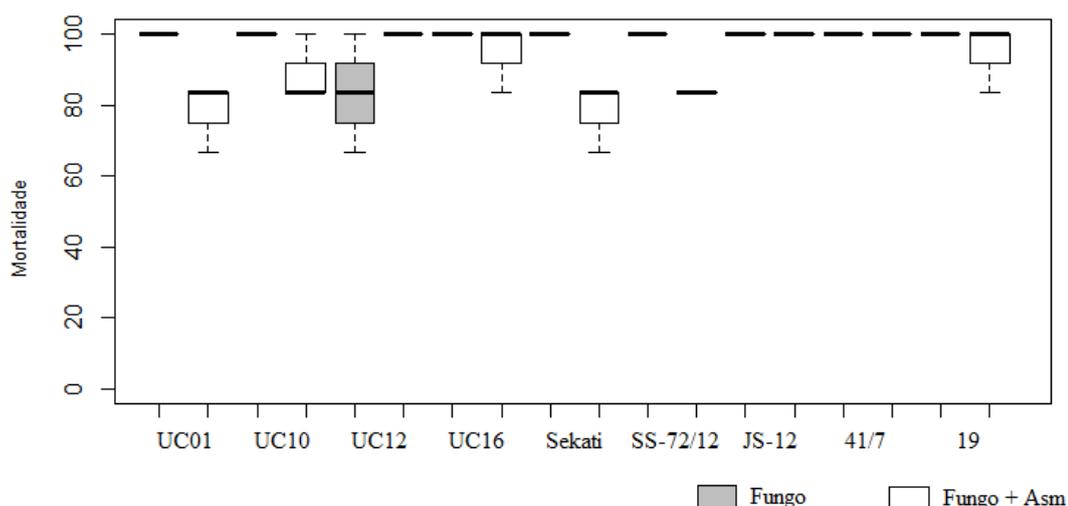


Figura 3. Gráfico Boxplot referente à variável mortalidade de genótipos de mamoeiro submetidos à inoculação de *Phytophthora palmivora* na ausência e presença do indutor de resistência ASM. Genótipos utilizados no experimento localizados no eixo X e valores das variáveis de incidência no eixo Y. --- = média geral da variável avaliada no experimento.

O estudo de doenças em fase de mudas se caracteriza como uma estratégia com potencial para o programa de melhoramento de culturas devido à precocidade na seleção de genótipos em fase inicial, acelerando, assim, o avanço de gerações. No entanto, para o patossistema podridão-do-pé do mamoeiro, a utilização de mudas não parece ser uma estratégia viável devido à grande suscetibilidade da planta hospedeira nesta fase de muda. Sob sombrite, as mudas de mamoeiro sofrem estiolamento e, a sol pleno, na ocorrência de veranicos e excesso de temperatura ou chuvas, estas são predispostas à doença. Em ambos os casos, a podridão por *P. palmivora* tornou-se severa nos experimentos realizados. Próximos experimentos que forem conduzidos para a seleção de plantas resistentes à podridão-do-pé do mamoeiro em situações controladas deverão ser realizados com plantas em vasos maiores e com idades em que as plantas tenham condição de oferecer maior resistência e sobrevivência à infecção por *P. palmivora*. Ainda, há a possibilidade de serem conduzidos experimentos a campo com utilização de microparcelsas, o que poderá ser uma estratégia viável, desde que se mensure o efeito das aplicações consecutivas de ASM na produtividade, no crescimento e na fisiologia da planta em relação às parcelas não tratadas. Até o momento, a aplicação e o registro de produtos comerciais à base de ASM não têm sido

adotados em nível comercial, mundialmente, visando o controle da podridão-do-pé do mamoeiro.

5.3. Correlação de características de raízes e parte aérea com e sem aplicação de acibenzolar-s-methyl

Para variáveis morfológicas e SPAD, foi observado que, na parcela sem ASM, os maiores valores de coeficiente de correlação foram entre as variáveis PST, PSR e PSA, com valores acima de 0,8, e entre as variáveis COMP, VOL e SURP, que apresentaram alta correlação ($>0,88$). Na presença do ASM, foi observado o favorecimento para coeficientes de correlação negativa para a maioria das características avaliadas. (Figura 2).

Quando se inoculou *P. palmivora*, também houve redução dos coeficientes de correlação entre as variáveis de doença ITOT, AINC, ASEV e MORT quando se aplicou ASM; no entanto, esta redução foi pequena (Figura 3). O maior coeficiente de correlação positiva foi entre a variável MOR e a ASEV, com valores de 0,76 e 0,64 com e sem aplicação do ASM, respectivamente.

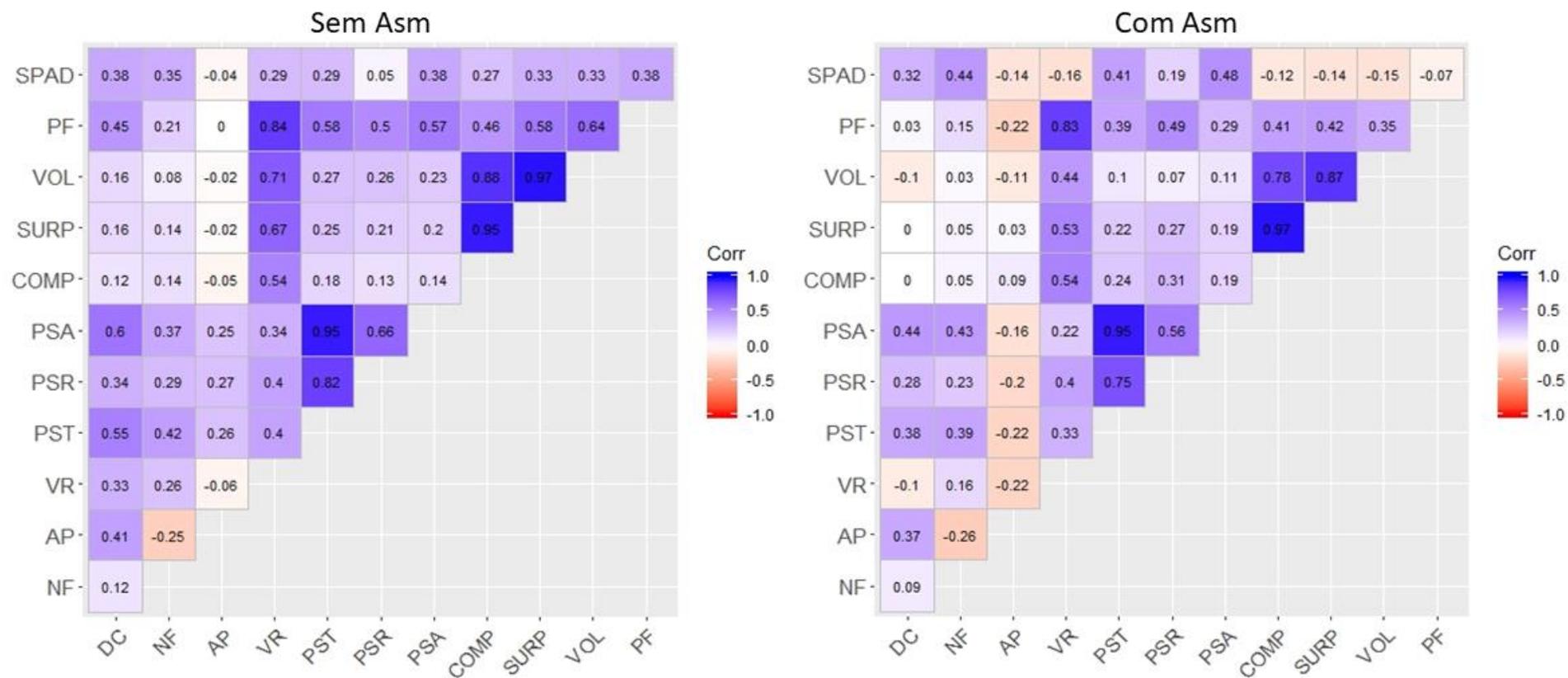


Figura 4. Coeficientes de correlação de Spearman entre variáveis morfológicas PF (Peso Fresco de Raiz); VOL (Volume de Raiz); SURP (Área de Superfície de Raiz); COMP (Comprimento de Raiz); PSA (Peso Seco Parte Aérea); PSR (Peso Seco de Raiz); PST (Peso Seco Total); AP (Altura de Planta); NF (Número de Folhas); e SPAD para 14 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman, na presença e ausência do indutor de resistência acibenzolar-s-methyl.

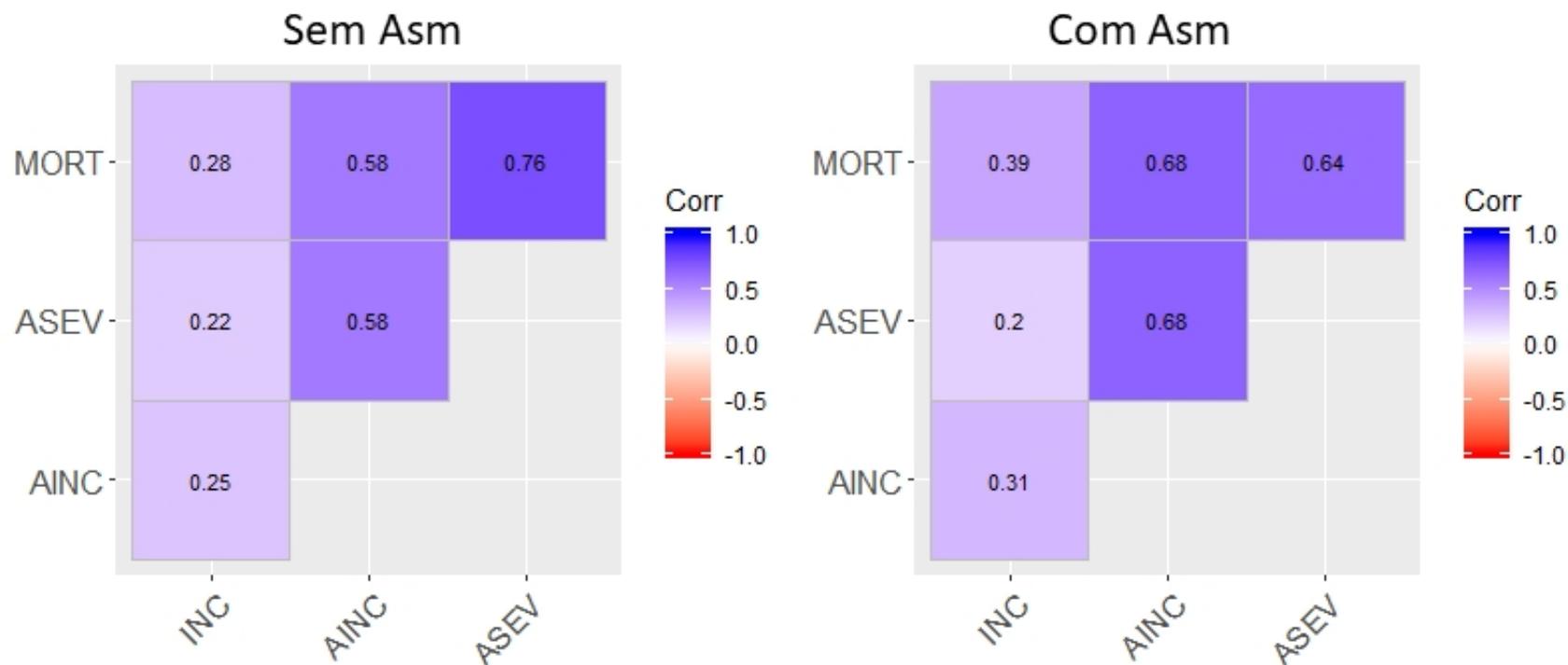


Figura 5. Coeficientes de correlação de Spearman entre variáveis de doenças: INC: Incidência Total; AINC: Área abaixo da curva de progresso de incidência; ASEV: Área abaixo da curva de progresso de severidade; MORT: Mortalidade para 14 genótipos de mamoeiro provenientes do BAG-Caliman, com e sem aplicação do indutor de resistência acibenzolar-s-methyl.

A alta correlação observada para variáveis relacionadas com o peso da planta PST, PSR e PSA era esperada, tendo em vista que o PST é a soma de PSA e PSR. Da mesma forma, para as variáveis de raízes, as variáveis VOL, COMP e SURP tendem a apresentar alta correlação positiva, em geral. Todavia, quando se aplicou o indutor ASM, as variáveis AP e o SPAD mostraram correlação negativa para as demais variáveis avaliadas. Por afetar o balanço energético da planta e possuir ação descendente na planta, o indutor ASM pode ter provocado a mobilização diferencial das reservas da planta, entre parte aérea e sistema radicular, contribuindo para o favorecimento no antagonismo entre elas. Ademais, ao afetar o balanço energético, a aplicação do indutor alterou e acentuou a queda do SPAD, associado à redução da clorofila e, conseqüentemente, da taxa fotossintética.

Os maiores coeficientes observados entre as variáveis MOR e ASEV são esperados, por serem variáveis interdependentes ou colineares. A variável ASEV está relacionada com o acúmulo dos danos ocasionados pela doença ao longo do período avaliado, logo, culminando no aumento de indivíduos mortos, logo, maior MORT.

Quando se inoculou o patógeno, não foram observadas diferenças nos valores de correlação entre variáveis de doença ITOT, ASEV, AINCI e MOR na presença ou na ausência do ASM. Portanto, o indutor de resistência, como visto nos resultados já comentados, não foi efetivo em promover a resistência das plantas à podridão-do-pé na fase de mudas.

6. CONCLUSÕES

O ASM ocasionou decréscimo em características morforadiculares para a maioria dos genótipos, exceto para o genótipo 'Tainung 01', que apresentou acréscimo nas mesmas características.

Os genótipos Golden, UC01, UC12, UC14, UC16, 36/,41/7, Sekati, SS-72/12 e 19 apresentaram mortalidade de plantas elevada, igual aos demais genótipos, porém ocorreu mais lentamente e foi variável, entre parcelas, quando pulverizaram-se as mudas com ASM. Tais genótipos poderão ser indicados para estudos futuros envolvendo a indução de resistência por ASM em estudos de inoculação em fase menos suscetível a este patógeno, visando-se quantificar melhor o efeito genotípico da indução de resistência à *P. palmivora*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfenas, C.A., Mafia, R.G., (2016) Métodos em Fitopatologia 2ªedição. Editora UFV. 516p.
- Allen, P.J., (1959) Physiology and biochemistry of defense. In: Horsfall JG, Dimond AE, eds. Plant Pathology, an Advanced Treatise. New York: Academic Press 1: 435–467.
- Campbell, C.L., Madden, L.V. (1990) Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, New York.
- Carnaúba, J.P., Sobral, M.F., Furtado, D.C. de M., Silva, I.O., Silva, K.M.M. da, Amorim, E.P. da R (2006). *Phytophthora palmivora*, agente da podridão de raíz e frutos de mamoeiro no Estado de Alagoas. Rev. Bras. Frutic. 28(1): 134-135.
- Carvalho, C. de., Kist, B.B., Santos, C.E. dos., Treichel, M., Filter, C.F. (2017) Anuário Brasileiro de Fruticultura 2017. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 88p.
- Carvalho, F.A. and., Renner, S.S. (2014) The phylogeny of the Caricaceae. In: Ming, R., Moore, P.H. (org) Genetics and Genomics of Papaya. Springer, New York: p. 81–92 81–92
- Castro, F.A., Campostrini, E., Netto, A.T., Gomes, M.D.M. de A., Ferraz, T.M., Glenn, D.M. (2014) Portable chlorophyll meter (PCM-502) values are related

- to total chlorophyll concentration and photosynthetic capacity in papaya (*Carica papaya* L.). *Theor Exp Plant Physiol* 26: 201–210.
- Chester, K.S. (1933) The problem of acquired physiological immunity in plants. *Quarterly Review of Biology* 8, 129–154, 275–324.
- Damasceno Junior, P.C., Pereira, T.N.S., Pereira, M.G., Silva, F.F., Souza, M.M., Nicoli, R.G. (2009) Preferential reproduction mode of hermaphrodite papaya plant (*Carica papaya* L; *Caricaceae*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31 (1): 182-189.
- Dantas, J.L.L., Junghans, D.T., Lima, J.F. (2013) Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa. 170p.
- Dantas, J.L.L., Lima, J.F. (2001) Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro: avaliação de linhagens e híbridos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 3: 617-621.
- Dianese, A.C., Blum, L.B., Dutra, J.B., Freitas, I.F., Lopes, I.F., Sena, M.C., Mello, S.C. (2005) Avaliação in vitro de *Trichoderma* para o controle de *Phytophthora palmivora*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 30:78.
- Dianese, A.C., Blum, L.E.B., Dutra, J.B., Lopes, L.F., Sena, M.C., Freitas, L.F., Yamanishi, O.K.,. (2007) Reação de genótipos de mamoeiro à varíola e à podridão-do-pé. *Fitopatologia brasileira* 32(5): 419-423.
- Dianese, A.D.C., Eduardo, L., Blum, B., Dutra, J.B., Lopes, L.F. (2009) Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. 6–11.
- Egel, D.S., Kleczewski, N.M., Mumtaz, F., Foster, R. (2018) Acibenzolar-S-methyl is associated with yield reduction when used for managing bacterial wilt (*Erwinia tracheiphila*) in cantaloupe. *Crop Prot* 109: 136–141.
- Erwin, D.C. & Ribeiro, O.K. (1996). *Phytophthora* diseases worldwide. The American Phytopathological Association, St. Paul, USA. 562p.
- Fatima, U., Shahid, S. (2018) Pharmacological Activities of *Carica papaya* Linn. *Journal of Basic & Applied Sciences* 14: 210–216.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO] (2017). FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org.in>> [Acessado em: 14 Fev,2019]
- Gäumann, E.A., (1950) Principles of Plant Infection: a Text-Book of General Plant Pathology for Biologists, Agriculturists, Foresters and Plant Breeders. New York: Hafner.
- Hoagland, D. R., Arnon, D.I. (1950) The water culture method for growing plants without soil, Circ. 347. Berkeley, CA: California Agricultural Experiment Station.
- Hofmeyer, J. D. J. (1938) Genetical studies of *Carica papaya* L, Africa Dept, Agriculture for, Science, Bull, 187: 1-64.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2017) Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br>> [Genótipo em: 14 fev, 2019]
- Jozef Kováčik. (2009) Salicylic acid-induced changes to growth and phenolic metabolism in *Matricaria chamomilla* plants. 135–143.
- Khan, M.I.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A., Khan, N.A. (2015) Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. 6: 1–17.
- Klessig, D.F., Choi, H.W., Dempsey, D.M.A., Rd, T. (2018) Systemic Acquired Resistance and Salicylic Acid: Past, Present, and Future. 31: 871–888.
- Kunh, O. J. (2007) Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-s-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 140p.
- Liberato, J. R., Vanetti, C., Rodrigues, C. H. & Dias V. P (1993). Ocorrência de podridão de *Phytophthora* em mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado do Espírito Santo. Fitopatologia Brasileira 18:324.
- Lima, J.F.; Oliveira, A.A.R.; Dantas, J.L.L. (2003) Reação de genótipos de mamoeiro à inoculação com *Phytophthora palmivora*. Agronline. Disponível em <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=118>>.

- Lopes, U.P., Michereff, S.J. (2018) Desafios do Manejo de Doenças Radiculares Causadas por Fungos. 208p.
- Luz, E. D. M. N., Santos, A. F., Matsuoka, K & Bezerra, J. L. (2001) Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil. Campinas, Livraria e Editora Rural. 432p.
- Metraux, J.P., Ahl Goy, P., Stuab, T., Speich, J., Steinmann, A., Ryals, J., Ward, E. (1991) Induced systemic resistance in cucumber in response to 2,6-dichloroisonicotinic acid and pathogens. In: HENNECKE, H.; VERMA, D.P.S. (Eds). Advances in Molecular Genetics of Plant-Microbe Interactions, 1: 432-439
- Ming, R., Yu, Q., Moore, P.H. (2007) Sex determination in papaya. Seminars in Cell & Developmental Biology, 18 (3): 401-408.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Consulta de Produtos Formulados. Disponível em <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em 14/02/2019
- Mouhanna, A.M. (2018) Primary evaluation of Acibenzolar-S-Methyl (ASM) efficiency on vegetative parameters and resistance responses of tomato and eggplant to root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Arab J Plant Prot 36: 213–222.
- Nakasone, H. Y., Paull, R. E. (1998) Tropical fruits. Crop Production Science in Horticulture. New York: Cab International, 445p.
- Oa, S.W., Libault, M., Le, B.H., Goldberg, R.B., Hill, C.B., Hartman, G.L., Diers, B., Stacey, G. (2011) Identification of Quantitative Trait Loci Controlling Gene Expression during the Innate Immunity Response. 157: 1975–1986.
- Oliveira, A.A.R., Dantas, J.L.L., Ramos, J.B., Luz, E.D.M. (2014) Avaliação de genótipos de mamoeiro para resistência à *Phytophthora palmivora*. Textura 7: 9–14.
- Oliveira, A.A.R., Dantas, J.L.L., Sá, J.O. de, Leal, L. de C. (2003) Reação de genótipos de mamoeiro à *Phytophthora* spp. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 16p.

- Oliveira, A.A.R., Nishijima, W. (2014) Induction of Resistance to Papaya Black Spot Elicited by Acibenzolar-S-Methyl. *Plant Pathol J* 13:120–124.
- Paixão, J.S. (2018) Assimilação fotossintética do carbono, respiração foliar e crescimento de dois genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) contrastantes para o teor de clorofila no limbo da folha. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 102p.
- Pascholati, S.F. (2003) Indução de resistência sistêmica: opção para o controle de doenças de plantas no século XXI. *Summa Phytopathologica*, 29: 115–116.
- Pereira, M.G., Ferregueti, G.A., Ramos, H.C.C., Catarina, R.S., Vettorazzi, J.C.F., Poltronieri, T.P.S., Arêdes, F.A.S., Boechat, M.S.B., Azevedo, A.O.N., Moreira, N.F., Bohry, D., Pereira, T.N.S., Silveira, S.F., Vivas, M. (2018) Melhoramento Genético do Mamoeiro: Programa UENF/CALIMAN. VII Simpósio do Papaya Brasileiro: Produção e Sustentabilidade Hídrica. Anais do VII Simpósio do Papaya Brasileiro.
- Pimentel-Gomes F. (2009) Curso de estatística experimental. FEALQ: Piracicaba. 451p.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rupasinghe, H.P.V., Yu, L.J. (2013) Value-Added Fruit Processing for Human Health. *Intech Open Sci* 145–172.
- Santos, P.H.D. dos (2013) Produtos alternativos no controle de doenças fúngicas em folha e fruto de mamoeiro. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 97p.
- Santos, P.H.D. dos., Silveira, S.F. da., Vivas, M., Carvalho, B.M., Pereira, M.G. (2017) Alternative control to black spot disease in papaya genotypes. *Summa Phytopathol* 43: 60–62.
- Santos, T. R., Luz, E.D.M.N. (2011) Avaliação de métodos, concentrações de inóculo e idade das plântulas para inoculação de *Phytophthora palmivora* em

- mamoeiro. *Trop. plant pathol.* 36:383-389.
- Santos, T.R (2009) Metodologia de inoculação em plântulas e reação de genótipos de mamoeiro a *Phytophthora palmivora*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual de Santa Cruz. 72p.
- Silva, G. S. (1999) Ocorrência de *Phytophthora palmivora* em mamoeiro no estado do Maranhão. Brasília, Fitopatologia brasileira, 24:329.
- Silva, G.S., Doihara, I.P. (2003) Uma Técnica para Obter Abundante Esporulação de *Phytophthora palmivora*. *Fitopatol Bras* 28: 568.
- Storey, W. B. (1953) Genetics of the papaya. *Journal of Heredity*, 44: 70-78.
- Storey, W.B. (1941) The botany and sex relationships of the papaya. In: Papaya production in the Hawaiian Islands. Hawaii Agricultural Experiment Station, Bulletin 87: 5-22.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., Murphy, A. (2017) Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal 6ª edição. Artmed Editora Ltda., Porto Alegre RS. 888p.
- Tatajiba, J.S., Oliveira, K.V., Aguilar, M.A. (2005) Avaliação da eficiência do Trichodermil PM no controle da podridão de *Phytophthora* na cultura do mamão. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, v.30:79.
- Tavares, G.M., Laranjeira, D., Luz, E.D.M.N., Silva, T.R., Pirovani, C.P., de Resende, M.L.V., Ribeiro Júnior, P.M. (2009) Indução de resistência do mamoeiro à podridão radicular por indutores bióticos e abióticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44:1416–1423.
- Terra, C.E.P.D.S. (2009) Avaliação de genótipos indutores de resistência no controle da pinta-preta do mamoeiro. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 69p.
- Tocafundo, Francis (2008) Avaliação de isolados de *Trichoderma* spp. no controle de *Phytophthora palmivora* em mamoeiro. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual de Santa Cruz. 66p.
- Ueno, B., Silva, L.P (2001) Avaliação de Controlbio 2001 (*Trichoderma* sp.) no

- controle de *Phytophthora palmivora* do mamoeiro. *Fitopatologia Brasileira* 26: 387.
- Walters, D., Newton, A., Lyon, G. (2007) Induced Resistance for Plant Defence. 269p.
- Zhu, Y.J., Qiu, X., Moore, P.H., Borth, W., Hu, J., Ferreira, S., Albert, H.H. (2004) Systemic acquired resistance induced by BTH in papaya. *Physiol Mol Plant Pathol* 63: 237–248.