



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

UILMA LAURENTINO DA SILVA

**MANEJO DE *Macrophomina phaseolina* E COMUNIDADES MICROBIANAS EM
SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO UTILIZANDO MÉTODOS
ALTERNATIVOS DE CONTROLE**

MOSSORÓ-RN

2021

UILMA LAURENTINO DA SILVA

**MANEJO DE *Macrophomina phaseolina* E COMUNIDADES MICROBIANAS EM
SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO UTILIZANDO MÉTODOS
ALTERNATIVOS DE CONTROLE**

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

Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas

Orientador: Prof^a. Dr^a. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio

MOSSORÓ-RN

2021

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

S586m Silva, Uilma Laurentino da .
MANEJO DE *Macrophomina phaseolina* E
COMUNIDADES MICROBIANAS EM SOLO CULTIVADO COM
MELOEIRO UTILIZANDO METODOS ALTERNATIVOS DE
CONTROLE / Uilma Laurentino da Silva. - 2021.
59 f. : il.

Orientadora: Márcia Michelle de Queiroz
Ambrósio .
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2021.

1. Cucumis melo L. 2. Doenças radiculares. 3.
Patógenos habitantes do solo. I. Ambrósio , Márcia
Michelle de Queiroz, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

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

UILMA LAURENTINO DA SILVA

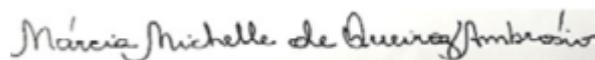
**MANEJO DE *Macrophomina phaseolina* E COMUNIDADES MICROBIANAS EM
SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO UTILIZANDO MÉTODOS
ALTERNATIVOS DE CONTROLE**

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

Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas

Defendida em: 29/12/2021.

BANCA EXAMINADORA



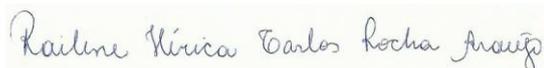
Prof.^a. D. Sc. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio (UFERSA)
Presidente



Prof.^a. D. Sc. Jailma Suerda Silva de Lima (UFERSA)
Membro Examinador Externo



Prof.^a. D. Sc. Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues (UFERSA)
Membro Examinador Externo



Prof.^a. D. Sc. Railene Hérica Carlos Rocha Araújo (UFCG)
Membro Examinador Externo



Prof. D. Sc. Leilson Costa Grangeiro (UFERSA)
Membro Examinador Interno

A Deus, pela oportunidade ofertada, por tudo e por nunca me abandonar. Aos meus pais, Wilson Laurentino e Francisca Nerian. A minha avó, Maria do Socorro, e minhas irmãs, Wandra Laurentino e Juliara Araújo.

DEDICO

“Não foi eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”
(Josué 1:9)

AGRADECIMENTOS

A Deus, o grande mestre do Universo, ao qual devemos todas as nossas conquistas e por me tornar uma pessoa humana e forte, não me deixando desistir diante das dificuldades e por todas as bençãos alcançadas;

À minha família, que é a base da minha vida, por todo o amor, dedicação e por sempre estarem presentes, me apoiando e incentivando;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade de cursar graduação e pós-graduação, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (UFERSA), pela oportunidade e por toda a estrutura disponibilizada;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo, possibilitando o desenvolvimento da pesquisa;

À minha orientadora, professora Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio, pela disponibilidade e ensinamentos, paciência, apoio e confiança durante todo o doutorado;

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia: Jarlan, Karol, Romário, Afonso, Tatiane, Bruna Medeiros, Luan Nascimento, Darlan, Isadora, Geovane, Abi, Janderson e Igor Vinícius, por todo o apoio e amizade durante o doutorado;

À técnica de laboratório Louise Medeiros, por sempre apoiar e auxiliar a realização dos experimentos e análises;

Agradeço aos membros da Banca Examinadora, por participarem e contribuírem com este trabalho.

À empresa Alltech[®], em especial Michellangelo Bezerra, pelo apoio e suporte para realização deste trabalho;

Às amigas Adailha, Lilia, Keiviane e Rayanna, pelos momentos compartilhados durante todo o doutorado.

A todos vocês: Muito obrigada!

SILVA, Uilma Laurentino da. **Manejo de *Macrophomina phaseolina* e comunidades microbianas em solo cultivado com meloeiro utilizando métodos alternativos de controle.** 2021. 59f. (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2021.

RESUMO: O meloeiro (*Cucumis melo* L.) apresenta problemas fitossanitários em virtude de algumas práticas como monocultivo, utilização do *mulch* de polietileno e utilização de cultivares suscetíveis, que favorecem o aumento de patógenos habitantes do solo (PHS), limitando a produção. A podridão radicular, causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* é uma das principais doenças do meloeiro que possuem difícil manejo, daí a necessidade de estudos para controlar este fitopatógeno. O objetivo deste trabalho foi avaliar o manejo de *Macrophomina phaseolina* e comunidades microbianas em solo cultivado com meloeiro, utilizando alternativas de controle. O experimento foi conduzido em duplicata, em casa de vegetação, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: 1- *Mulch* de polietileno (M); 2- Composto orgânico + *Mulch* (C+M); 3- Húmus + *Mulch* (H+M); 4- Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M); 5- Compost-Aid[®] + *Mulch* (CA+M); 6- *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid[®] (C+M+CA), 7- *Mulch* + Húmus + Compost-Aid[®] (M+H+CA); 8- *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid[®] (M+FT+CA) e 9- Controle (C). Foram avaliados incidência (INC) e severidade (SEV) da podridão do sistema radicular, ocorrência dos patógenos nas plantas sintomáticas e desenvolvimento do meloeiro, além das comunidades microbianas do solo (actinomicetos, bactérias esporulantes, bactérias totais e fungos totais). No experimento I, os tratamentos M; C+M; H+M e M+N+CA não diferiram do controle, mas reduziram em 60 % a INC da doença. No experimento II, por sua vez, os tratamentos C+M e M reduziram a INC em 40 e 60%, respectivamente. Para a SEV, no experimento I, os tratamentos C+M e H+M não diferiram entre si, mas diferiram do controle; no experimento II, os tratamentos H+M e H+M+CA proporcionaram resultados semelhantes ao experimento I. A incorporação de nabo forrageiro e húmus aumentou a população de bactérias esporulantes, porém o nabo forrageiro reduziu a população de fungos. O tratamento M+CA proporcionou a maior quantidade de bactérias totais. Os tratamentos com incorporação de material orgânico proporcionaram aumento na população de actinomicetos, com destaque para C+M+CA. Conclui-se que a técnica do húmus, associada ao *mulch* de polietileno e produto à base de microrganismos, reduziu a INC e a SEV da podridão radicular e favoreceu o desenvolvimento do meloeiro. A comunidade microbiana do solo cultivado com meloeiro é influenciada pela incorporação de matéria orgânica e produto à base de microrganismos, associado ao *mulch* de polietileno. E a associação destas técnicas é uma prática agrícola sustentável.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Doenças radiculares. Patógenos habitantes do solo.

SILVA, Uilma Laurentino da. **Management of *Macrophomina phaseolina* and microbial communities in soil cultivated with melon using alternative control methods.** 2021. 59f. (Doctorate in Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2021.

ABSTRACT: The melon (*Cucumis melo* L.) presents phytosanitary problems due to some practices such as monoculture, use of polyethylene *mulch* and use of susceptible cultivars, which favor the increase of soil-dwelling pathogens (SDP), limiting production. Root rot, caused by the fungus *Macrophomina phaseolina*, is one of the main melon diseases that are difficult to manage, hence the need for studies to control this phytopathogen. The objective of this work was to evaluate the management of *Macrophomina phaseolina* and microbial communities in soil cultivated with melon, using control alternatives. The experiment was carried out in duplicate, in a greenhouse, using a completely randomized design, with nine treatments and five replications. The treatments were: 1- Polyethylene mulch (PM); 2- Organic compound + *Mulch* (OC+M); 3- Humus + *Mulch* (H+M); 4- Forage turnip + *Mulch* (FT+M); 5- Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M); 6- *Mulch* + Organic Compost + Compost-Aid® (M+OC+CA), 7- *Mulch* + Humus + Compost-Aid® (M+H+CA); 8- *Mulch* + Forage turnip + Compost-Aid® (M+FT+CA) and 9- Control (C). Incidence (INC) and severity (SEV) of root rot, occurrence of pathogens in symptomatic plants and melon development were evaluated, in addition to soil microbial communities (actinomycetes, sporulating bacteria, total bacteria and total fungi). In experiment I, treatments M; OC+M; H+M and M+FT+CA did not differ from the control, but reduced the INC of the disease by 60%. In experiment II, in turn, treatments C+M and M reduced INC by 40 and 60%, respectively. For SEV, in experiment I, treatments OC+M and H+M did not differ from each other, but differed from the control; in experiment II, treatments H+M and H+M+CA provided similar results to experiment I. The incorporation of forage radish and humus increased the population of sporulating bacteria; however, the forage radish reduced the population of fungi. The M+CA treatment provided the highest amount of total bacteria. The treatments with incorporation of organic material provided an increase in the population of actinomycetes, especially C+M+CA. It was concluded that the humus technique, associated with polyethylene *mulch* and a product based on microorganisms, reduced the INC and SEV of root rot and favored the development of melon. The microbial community of soil cultivated with melon is influenced by the incorporation of organic matter and a product based on microorganisms, associated with polyethylene *mulch*. The association of these techniques is a sustainable agricultural practice.

Keywords: *Cucumis melo* L. Root diseases. Soil-dwelling pathogens.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II - MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA AO *MULCH* DE POLIETILENO E PRODUTO A BASE DE MICRORGANISMOS NA PODRIDÃO RADICULAR CAUSADA POR *Macrophomina phaseolina* EM MELOEIRO

- Figura 1.** Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....25
- Figura 2.** Temperaturas antes e após a abertura do *mulch*, no primeiro (A) e segundo experimentos (B), respectivamente. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....27
- Figura 3.** Incidência de podridão radicular em meloeiro nos experimentos I (A) e II (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....28
- Figura 4.** Severidade da podridão radicular em meloeiro nos experimentos I (A) e II (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....29
- Figura 5.** Ocorrência de *Macrophomina* spp. (A e B) e *Fusarium* spp. (C e D) nos experimentos I e II, respectivamente. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....30

CAPÍTULO III - INFLUÊNCIA DE MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA AO *MULCH* DE POLIETILENO E PRODUTO COMERCIAL EM COMUNIDADES MICROBIANAS DO SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO

- Figura 1.** Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....47
- Figura 2.** Temperaturas antes e após a abertura do *mulch*, no primeiro (A) e segundo experimentos (B), respectivamente. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....48

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA AO *MULCH* DE POLIETILENO E PRODUTO A BASE DE MICRORGANISMOS NA PODRIDÃO RADICULAR CAUSADA POR *Macrophomina phaseolina* EM MELOEIRO

Tabela 1. Atributos químicos de amostras de solo e húmus e composto. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	22
Tabela 2. Composição biológica do produto utilizado no experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	24
Tabela 3. Resumo da análise de variância de variáveis de crescimento de plantas de meloeiro sob efeito de diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	30
Tabela 4. Médias de altura (m), diâmetro do caule (mm) e volume de raiz (mL) de meloeiro submetido a diferentes tratamentos e avaliado aos 60 DAT. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	31
Tabela 5. Médias do número de folhas, massa fresca (g), massa seca (g) de meloeiro submetido a diferentes tratamentos e avaliado aos 60 DAT. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	32

CAPÍTULO III - CAPÍTULO III - INFLUÊNCIA DE MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA AO *MULCH* DE POLIETILENO E PRODUTO COMERCIAL EM COMUNIDADES MICROBIANAS DO SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO

Tabela 1. Atributos químicos de amostras de solo e húmus e composto. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	44
Tabela 2. Composição biológica do produto utilizado no experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	45
Tabela 3. Resumo da análise de fungos totais bactérias totais, actinomicetos em solo cultivado com meloeiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	48
Tabela 4. Número de unidades formadoras de colônias (UFCs) de fungos totais por grama de solo em diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	49
Tabela 5. Número de unidades formadoras de colônias (UFCs) de bactérias totais por grama de solo em diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....	50

Tabela 6. Número de unidades formadoras de colônias (UFCs) de actinomicetos por grama de solo em diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2021..... 51

Tabela 7. Número de unidades formadoras de colônias (UFCs) de actinomicetos por grama de solo em diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.....51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC - Actinomicetos;

BDA - Batata, Dextrose e ágar;

BOD - *Biochemical Oxygen Demand*;

BT - Bactérias totais;

DAI - Dias após implantação;

DAP - Dias após plantio;

FT - Fungos totais;

M. phaseolina - *Macrophomina Phaseolina*;

MP - *Mulch de* polietileno;

PHS - Patógenos habitantes do solo;

UFCs g⁻¹ - Unidades formadoras de colônia por grama de solo.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - MANEJO DE <i>Macrophomina phaseolina</i> E COMUNIDADES MICROBIANAS EM SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO UTILIZANDO MÉTODOS ALTERNATIVOS DE CONTROLE.....	13
INTRODUÇÃO GERAL	13
REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO II - MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA AO <i>MULCH DE POLIETILENO</i> E PRODUTO À BASE DE MICRORGANISMOS NA PODRIDÃO RADICULAR CAUSADA POR <i>Macrophomina phaseolina</i> EM MELOEIRO.....	18
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	20
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	22
2.2 PRODUÇÃO DO INÓCULO E INFESTAÇÃO DO SOLO.....	22
2.3 INCORPORAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA AO SOLO E COBERTURA COM <i>MULCH</i>	23
2.4 PRODUÇÃO E TRANSPLANTIO DAS MUDAS E PRÁTICAS CULTURAIS.....	23
2.5 APLICAÇÃO DO PRODUTO À BASE DE MICRORGANISMOS.....	24
2.6 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO SOLO.....	24
2.6.1 TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR.....	24
2.7 INCIDÊNCIA, SEVERIDADE E OCORRÊNCIA DE PATÓGENOS.....	25
2.8 ANÁLISE DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO MELOEIRO.....	26
2.9 ANÁLISE DE DADOS.....	26
3 RESULTADOS.....	26
3.1 TEMPERATURA DO SOLO.....	26
3.2 INCIDÊNCIA DA DOENÇA.....	27
3.3 SEVERIDADE DA DOENÇA.....	28
3.4 OCORRÊNCIA DE PATÓGENOS.....	29
3.5 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO EM MELOEIRO.....	30
4 DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

CAPÍTULO III - INFLUÊNCIA DE MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA AO <i>MULCH</i> DE POLIETILENO E PRODUTO COMERCIAL EM COMUNIDADES MICROBIANAS DO SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO	40
RESUMO	40
ABSTRACT	41
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	43
2.2 INCORPORAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA AO SOLO, COBERTURA COM <i>MULCH</i> DE POLIETILENO E TRANSPLANTIO DAS MUDAS.....	44
2.3 APLICAÇÃO DO PRODUTO À BASE DE MICRORGANISMOS.....	44
2.4 MONITORAMENTO DAS TEMPERATURAS DO SOLO E DO AR E UMIDADE DO AR.....	45
2.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	45
2.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	46
3 RESULTADOS	46
3.1 TEMPERATURA DO SOLO.....	46
3.2 UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS (UFC).....	48
4 DISCUSSÃO	52
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55

CAPÍTULO I

MANEJO DE *Macrophomina phaseolina* E COMUNIDADES MICROBIANAS EM SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO UTILIZANDO MÉTODOS ALTERNATIVOS DE CONTROLE

INTRODUÇÃO GERAL

O melão (*Cucumis melo* L.) é considerado uma das principais olerícolas cultivadas no Brasil e de maior popularidade no mundo. Além de suprir o mercado interno, cerca de 60% de sua produção são destinados à exportação (ANÚARIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2021).

A região Nordeste é a principal produtora de melão do Brasil, sendo o Rio Grande do Norte o estado de maior destaque, com cerca de 375.574 toneladas de área produzida, 13.669 ha de área colhida e rendimento médio 27.476 kg/ha. Sua produção está concentrada nas cidades de Mossoró, Tibau, Baraúna e Apodi (IBGE, 2021).

O cultivo desta olerícola se destaca na região semiárida do Nordeste por apresentar condições climáticas favoráveis, como clima quente e seco, além de elevadas temperaturas e insolação (AZEVEDO et al., 2014), no entanto, mesmo a região Nordeste apresentando excelentes condições para o cultivo do meloeiro, vários problemas fitossanitários são comuns nas áreas agrícolas, devido ao monocultivo, normalmente com três ciclos de plantio ao ano, sem rotação de culturas, cultivos utilizando *mulch* de polietileno e a utilização de cultivares suscetíveis que favorecem o aumento de doenças causadas por patógenos habitantes do solo (PHS) (MAIA et al., 2013), ocasionando redução de produtividade e abandono de áreas de plantio.

Diversos fungos ou as associações destes podem causar podridões no sistema radicular do meloeiro, dentre eles os mais isolados de plantas sintomáticas são *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. e *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid (DANTAS et al., 2013; AMBRÓSIO et al., 2015). No melão, a podridão de raiz causada por *M. phaseolina* tem provocado sérios problemas no desenvolvimento desta cultura, sendo uma das doenças mais importantes em termos econômicos, na medida em que prejudica a formação dos frutos.

O fungo *M. phaseolina* é o agente causador de podridões de raízes e do colo do meloeiro. Este patógeno já foi relatado infectando mais de 680 espécies vegetais, com ampla distribuição geográfica (FARR; ROSSMAN, 2010). É um microrganismo habitante do solo que possui

variabilidade patogênica, podendo sobreviver em restos de culturas e nos solos por vários anos, mesmo na ausência do hospedeiro e de condições adversas porque possuir estruturas de resistência (microescleródios) (BUENO et al., 2006).

As causadas pelo fungo *M. phaseolina* são de difícil manejo e não existem produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle deste fitopatógeno em condição de campo (AGROFIT, 2020). O fumigante brometo de metila, bastante utilizado para o controle de PHS, teve seu uso proibido pelo Protocolo de Montreal, sendo banido no Brasil desde 2007 (BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021).

Além desta dificuldade de manejo, os consumidores vêm exigindo produtos de melhor qualidade, que não tenham resíduos de produtos químicos, havendo a necessidade de estudos de métodos alternativos para o manejo da podridão de raízes e caule (MENGISTU et al., 2011). Nesse sentido, algumas práticas como o controle cultural, uso de microrganismos antagonistas, adubação verde, utilização de sementes sadias e certificadas, solarização e controle biológico vêm sendo estudadas (ALMEIDA et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2018).

A adubação verde, incorporada ou sobre o solo, é uma técnica que vem sendo estudada para o manejo de fitopatógenos habitantes do solo. Esta técnica contribui para o aumento da matéria orgânica no solo, melhorando as características físicas e químicas mineralógicas e biológicas do solo (BARRADAS, 2010).

Assim como a adubação verde, diferentes materiais orgânicos vêm sendo utilizados para contornar essa dificuldade, tendo efeito positivo no controle das doenças radiculares, reduzindo a população de patógenos presentes no solo e tornando o solo supressivo (SILVA et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2018). Quando o material orgânico é aplicado sozinho, o resultado desejado é lento e insatisfatório, porém essa técnica associada à solarização se mostra mais eficiente, pois ocorre o aumento da temperatura do solo e liberação de compostos tóxicos, capazes de controlar os fitopatógenos e favorecer os microrganismos mais resistentes àquela condição, como alguns antagonistas (ROCHA; CARNEIRO, 2016).

Para que este processo tenha eficiência, é necessário umedecer o solo, para que ocorra maior condução de calor durante o tratamento, inibindo o crescimento de PHS (RICCI et al., 2000). A área com a solarização deve ser contínua, para que a redução da incidência da doença possa durar vários ciclos da cultura. Este efeito prolongado é resultado da expressiva redução da quantidade de inóculo, associada a uma restauração no equilíbrio biológico do solo (BETTIOL et al., 2005).

Outra prática comum nas áreas de produção de melão no Brasil é o uso do *mulch* de polietileno, que reduz perda de água por evapotranspiração, mantém o solo úmido, atua no

controle de plantas daninhas e impede que o fruto tenha contato direto com o solo. Esse conjunto de fatores contribui para que o fruto tenha maior qualidade.

Nesse contexto, Chamorro et al. (2015) obtiveram redução e estabilização da população de escleródios de *M. phaseolina* no solo por meio da utilização de biofumigação com *mulch* durante 30 dias, com uso de adubo orgânico à base de *Brassica* sp., vinagre de beterraba ou estrume fresco de frango. Estes tratamentos não tiveram diferença durante três anos de avaliação, chegando a valores de 0% de mortalidade de plantas com o uso da biofumigação, com estrume fresco de frango.

Além disso, existe o uso de produtos biológicos que vêm se tornando alternativa promissora na redução do uso de agroquímicos para o controle de patógenos. A utilização destes produtos comerciais que microrganismos benéficos na sua composição podem atuar de diferentes formas no solo, desenvolvendo mecanismos de biocontrole, onde os microrganismos inibem os PHS, reduzindo a ocorrência e/ou intensidade da doença (COELHO et al., 2018). Silva et al. (2013) avaliaram a inibição do crescimento de *M. phaseolina* por isolados de *Bacillus* (retirados de amostras de nabo, trigo, aveia, tremoço e milho), cultivados em placas de Petri, comprovando que as bactérias do gênero *Bacillus* foram capazes de controlar o desenvolvimento da *M. phaseolina*.

Villela Marroni (2015), também com trabalho conduzido *in vitro*, avaliou a eficiência de 19 isolados da bactéria *Bacillus* no controle *M. phaseolina*, sendo verificada a eficácia do *Bacillus* como antagonista do fungo apresentando, concluindo que a bactéria *Bacillus* tem grande potencial de proteção como agente de controle biológico para a *M. phaseolina*.

Desta forma, é necessário verificar se estas práticas têm efeito sobre doenças do meloeiro, ocasionadas por PHS, sejam elas usadas isoladamente ou em associação com matéria orgânica, trazendo benefícios tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o manejo de *Macrophomina phaseolina* e comunidades microbianas em solo cultivado com meloeiro utilizando métodos alternativos de controle.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**, 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>. Acesso em: 10 set. 2021.
- ALMEIDA, A. M. R. et al. ***Macrophomina phaseolina* em soja**. Embrapa Soja. Documentos (INFOTECA-E), 2014.
- AMBRÓSIO, M. M. Q.; et al. Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seedling resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Euphytica**, v. 206, n. 2, p. 287- 300, 2015.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI. **Brazilian Horti & Fruit Yearbook**. Editora Gazeta, 108 p., 2021. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2021>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- AZEVEDO, B. M.; BASTOS, F. G. C.; ARAÚJO VIANA, T. V. Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 1, p. 9-15, 2014.
- BARRADAS, C. A. A. **Uso da adubação verde**. Programa Rio Rural. Manual Técnico, 2010.
- BETTIOL, W.; GHINI, R.; MORANDI, M. A. B. Alguns métodos para o controle de doenças de plantas disponíveis no Brasil. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. EPAMIG/CTZM, p. 163-183, 2005.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>. Acesso em: 19 jul. 2021.
- BUENO, C. J.; et al. Preservação de fungos fitopatogênicos habitantes do solo. **Summa phytopathologica**, cidade v. 32, n. 1, p. 42-50, 2006.
- CHAMORRO, M. et al. Evaluation of biosolarization for the control of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in strawberry. **Crop Protection**, v. 67, p. 279-286, 2015.
- COELHO, I. L.; et al. Biocontrole de doenças radiculares: uma realidade prática ou apenas utopia? In: LOPES, U. P. (org.). **Desafio do manejo de doenças radiculares causadas por fungos.**, 2018. p. 154-160.

DANTAS, A. M. M; et al. Incorporation of plant materials in the control of root pathogens in muskmelon. **Revista AgroAmbiente**, on-line, v. 7, n. 3, p. 338-344, 2013.

FARR, D. F.; ROSSMAN, A. Y. **Systematic mycology and microbiology laboratory**. ARS, USDA, 2010.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/melao/br>. Acesso em: 14 out. 2021.

MAIA, L. K. R.; LIMA, R. E. M.; LIMA, J. S. Importância do meloeiro e aspectos relacionados à resistência a *Rhizoctonia solani*. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1609-1622, 2013.

MENGISTU, A.; et al. Evaluation of soybean genotypes for resistance to charcoal rot. **Plant Health Progress**, v. 10, n. 9, p. 1-15, 2011.

NASCIMENTO, P. G.; Incidence of root rot of muskmelon in different soil management practices. **European Journal of Plant Pathology**, v. 152, n. 2, p. 433-446, 2018.

RICCI, M. S. F.; et al. Efeitos da solarização do solo na densidade populacional da tiririca e na produtividade de hortaliças sob manejo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2175-2179, 2000.

ROCHA, G. A.; CARNEIRO, L. C. Solarização do solo associada à incorporação de material orgânico na redução da viabilidade de escleródios. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, p. 10-17, 2016.

SILVA, C. A. D.; et al. Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scybalidium lignicola*. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1823-1831, 2013.

VILLELA-MARRONI, I. Triagem de bactérias do gênero *Bacillus* para o controle do fungo fitopatogênico *Macrophomina phaseolina*. **Biocontrol Science and Technology**, n. 25, v. 3, p. 302-315, 2015.

CAPÍTULO II

MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA AO *MULCH* DE POLIETILENO E PRODUTO À BASE DE MICRORGANISMOS NA PODRIDÃO RADICULAR CAUSADA POR *Macrophomina phaseolina* EM MELOEIRO

RESUMO: A produtividade do meloeiro é reduzida pelas doenças causadas por patógenos habitantes do solo. Dentre essas doenças está a podridão radicular, causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina*, que possui difícil manejo devido à ampla gama de hospedeiros e às suas estruturas de resistência. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da incorporação de materiais orgânicos (nabo forrageiro, composto orgânico e húmus) associados ao *mulch* de polietileno e produto à base de microrganismos no controle de *M. phaseolina* em meloeiro. Os experimentos foram conduzidos em duplicata em casa de vegetação, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: *Mulch* de polietileno (M), composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid[®] + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid[®] (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid[®] (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid[®] (N+M+CA) e Controle (C). Foram avaliados incidência da doença (INC) e severidade (SEV) da podridão do sistema radicular, ocorrência dos patógenos nas plantas sintomáticas e desenvolvimento do meloeiro. Para a INC, o tratamento H+M+CA diferiu apenas do controle nos dois experimentos. No experimento I, os tratamentos M; C+M; H+M e N+M+CA não diferiram do controle, mas reduziram 60% a INC. No experimento II, por sua vez, os tratamentos C+M e M reduziram a INC em 40 e 60%, respectivamente. Para a SEV, no experimento I, os tratamentos C+M; H+M e H+M+CA não diferiram entre si, mas diferiram do controle; no experimento II, os tratamentos H+M e H+M+CA proporcionaram resultados semelhantes ao experimento I. Em síntese, a incorporação de húmus associado ao *mulch* de polietileno e produto à base de microrganismos reduz a incidência e a severidade da podridão radicular, além de favorecer o desenvolvimento do meloeiro.

Palavras-chave: Controle alternativo. *Cucumis melo* L. Patógeno habitante do solo.

**ORGANIC MATTER ASSOCIATED WITH POLYETHYLENE MULCH AND
MICRO-ORGANISMS-BASED PRODUCT IN ROOT ROT CAUSED BY
Macrophomina phaseolina IN MELON TREES**

ABSTRACT: Melon productivity is reduced by diseases caused by soil-dwelling pathogens. Among these diseases is root rot, caused by the fungus *Macrophomina phaseolina*, which is difficult to manage due to the wide range of hosts and their resistance structures. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of the incorporation of organic materials (radish, organic compost and humus) associated with polyethylene mulch and a product based on microorganisms in the control of *M. phaseolina* in melon. The experiments were carried out in duplicate in a greenhouse, using a completely randomized design, with nine treatments and five replications. The treatments were: Polyethylene *Mulch* (M), Organic Compost + *Mulch* (OC+M), Humus + *Mulch* (H+M), Forage Turnip + *Mulch* (FT+M), Compost-Aid[®] + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Organic Compost + Compost-Aid[®] (M+OC+CA), *Mulch* + Humus + Compost-Aid[®] (M+H+CA), *Mulch* + Turnip + Compost-Aid[®] (M+T+CA) and Control (C). Disease incidence (INC) and severity (SEV) of root rot, pathogen occurrence in symptomatic plants and melon development were evaluated. For INC, the H+M+CA treatment differed only from the control in both experiments. In experiment I, treatments M; C+M; H+M and F+M+CA did not differ from the control, but reduced INC by 60%. In experiment II, in turn, treatments C+M and M reduced INC by 40 and 60%, respectively. For SEV, in experiment I, treatments C+M; H+M and H+M+CA did not differ from each other, but differed from the control; in experiment II, treatments H+M and H+M+CA provided similar results to experiment I. In summary, the incorporation of humus associated with *polyethylene mulch* and a product based on microorganisms reduces the incidence and severity of root rot, besides favoring the development of the melon.

Keywords: Alternative control. *Cucumis melo* L. Soil-dwelling pathogen.

1 INTRODUÇÃO

O melão é uma hortaliça de grande importância no Brasil e no mundo. Esta cultura destaca-se como a principal atividade econômica do estado do Rio Grande do Norte, liderando a produção brasileira com 375.574 toneladas de fruto, seguido por Ceará e Bahia, com 73.838 e 65,675 toneladas no ano de 2020, respectivamente. Os municípios de Mossoró, Tibau, Apodi do Rio Grande do Norte e Limoeiro do Norte do Ceará são os principais produtores desta cultura no Brasil (IBGE, 2021).

No entanto, nas áreas de produção surgem muitos problemas fitossanitários devido às práticas de monocultivos e cultivos sucessivos, sem rotação de culturas. Isto tem contribuído para o aumento da incidência e severidade das doenças do sistema radicular (podridão de raízes, colos das plantas e colapso das ramas) causadas por patógenos habitantes do solo (PHS) (NASCIMENTO et al., 2018).

Os PHS, em geral, são considerados de difícil controle devido, principalmente, possuírem estruturas de resistências que lhes permitem permanecer por vários anos no solo, na ausência do hospedeiro, ou em condições ambientais desfavoráveis (NASCIMENTO et al., 2016). Além de possuírem ampla gama de hospedeiros, afeta mais de 500 culturas, inclusive de grande interesse econômico como algodão, soja, milho, feijão e meloeiro (GUPTA et al., 2012). Possuem vasta distribuição geográfica e microscleródios que garantem a sua sobrevivência em condições desfavoráveis, como baixa umidade, fertilidade, solos compactados e mal drenados (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005). Algumas destas condições climáticas e edáficas são semelhantes às encontradas na região semiárida do nordeste brasileiro o que favorece a ocorrência deste fitopatógenos.

O fungo *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid) é um dos principais patógenos do meloeiro, e também de difícil controle. Não existe no Brasil, nenhum fungicida registrado para o controle desse fungo no meloeiro (AGROFIT, 2021). Este patógeno apresenta ampla gama de hospedeiros, e microscleródios que garantem a sua sobrevivência em condições desfavoráveis. Entre as alternativas para o manejo integrado de doenças causadas por PHS, a incorporação de resíduos vegetais, embora seja uma prática que apresenta resultados mais demorados, vem se destacando, pois ajuda no equilíbrio da biota do solo, e nas propriedades físicas e químicas do solo, interferindo na população de agentes patogênicos (BEDENDO et al., 2018).

O fungo *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid) é um dos principais patógenos do meloeiro, além de ser um dos que apresentam mais difícil controle. Segundo o Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), não existe produto químico registrado para controle em nível de campo, para a cultura do melão (AGROFIT, 2021).

As espécies da família Brassicaceae são conhecidas pelo seu potencial de suprimir várias doenças causadas por PHS e desempenham papel complementar na biofumigação, melhorando a estrutura do solo, fornecendo nutrientes e matéria orgânica. Os glucosinolatos presentes nas Brássicas, após hidrólise enzimática, produzem compostos como os isotiocianatos, os quais possuem efeito biofungicida comprovado cientificamente. As espécies mais utilizadas pertencem aos gêneros *Brassica*, *Raphanus*, *Sinapis* e *Eruca*, pois estas possuem atividades biocida contra fungos, oomicetos, nematoides, bactérias e protozoários (SANTOS et al., 2020).

Outros adubos orgânicos também podem ser aplicados ao solo incorporados ou sobre o solo, visando ao controle de fitopatógenos, como o húmus (vermicomposto), e composto orgânico, os quais são ricos em matéria orgânica. A utilização desses materiais melhora a estrutura física e biológica, além de elevar os teores de macro e micronutrientes, proporcionando às plantas maior tolerância ao ataque de pragas e doenças (LIU et al., 2016). Resultados positivos a respeito da incorporação de material vegetal ao solo foram observados por Cruz et al. (2016), em meloeiro, tendo a incorporação de *Crotalaria juncea* L. proporcionado redução nos sintomas de podridão radicular e menor severidade.

Uma prática que está se tornando muito comum nos plantios de melão do Brasil, mas com poucos relatos científicos, é o uso de produtos à base de microrganismos benéficos. Segundo os produtores, esta prática vem reduzindo as doenças radiculares e favorecendo a produtividade das culturas, sem causar danos ao meio ambiente. Os microrganismos são responsáveis ainda por diversas transformações, como liberação dos nutrientes minerais, decomposição da matéria orgânica e da ciclagem dos nutrientes, mantém a estrutura e a qualidade do solo para o crescimento sustentável das plantas (PRASAD et al., 2021). Alguns produtores de melão têm realizado a multiplicação de microrganismos “*on farm*”, a partir de produtos comerciais à base de microrganismos e utilizados no manejo de doenças causadas por PHS. Entretanto, trabalhos científicos ainda são insuficientes para a validação dos resultados.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da incorporação de materiais orgânicos associado ao *mulch* de polietileno e produto à base de microrganismos, na incidência e severidade da podridão radicular causada por *M. phaseolina* em meloeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Foram conduzidos dois experimentos em duplicata, nos meses de setembro a dezembro de 2019, em casa de vegetação, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró-RN, cujas coordenadas geográficas são 5°11'31"S de 5°12'48'' S; 37°18'44''W de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 18 m. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com nove tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de: *Mulch* de polietileno (M), composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA) e Controle (C). A unidade experimental foi constituída de uma planta de melão amarelo híbrido Goldex por vaso contendo 14 dm⁻³ de solo. O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade em fazenda agrícola de melão em Pau Branco com histórico de doenças no sistema radicular, localizada em Mossoró-RN. Uma amostra homogênea foi coletada para a realização da análise química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos de amostras de solo, húmus e composto. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

Amostras	N	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	PST
	g/kg	H ₂ O		----mg/dm ³ ----			-----cmol _c /dm ³ -----					%
Solo	-	6,9	152,1	30,2	100,2	1,8	0,7	0,0	0,8	3,0	3,1	14
Húmus	11,4	6,7	51,3	105,65	354,2	20,4	3,2	0,0	0,9	27,9	28,9	5
Composto	N	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	C	MO	C/N	CE
	g/kg	H ₂ O		-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ ----		----g/kg----		dS m ⁻¹	
	0,11	4,7	3.668,0	3,3	0,3	21,7	8,9	0,1	13,2	22,8	83,1	2,5

N: Nitrogênio; pH: Potencial hidrogeniônico; P: Fósforo; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Al³⁺: Alumínio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio; SB: Saturação de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; PST: Percentagem de sódio trocável; C: Carbono; MO: Matéria orgânica; CE: Condutividade elétrica.

2.2 PRODUÇÃO DO INÓCULO E INFESTAÇÃO DO SOLO

O fungo utilizado foi o *M. phaseolina* (CMM1531), que foi obtido em plantas de melão com sintomas de podridão no sistema radicular e mantido preservado pelo método de Castellani,

na coleção micológica do laboratório de Microbiologia e Fitopatologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, e depositado no GenBank, com o código CMM136199. Para o preparo do inóculo, o fungo foi cultivado em frascos contendo substrato areno-orgânico (LEFÉVRE; SOUZA, 1993).

Este substrato foi preparado seguindo a proporção de três partes de esterco curtido, uma parte de areia lavada e 2 % de aveia (v/p), tendo sido adicionados 20 mL de água destilada para cada 100 mL de substrato. O substrato foi autoclavado duas vezes, durante uma hora, em intervalos de 24 horas, a 120°C. Em seguida, em câmara de fluxo laminar foram transferidos dez discos de 5mm de diâmetro de cultura pura, cultivados em placas de Petri para frascos contendo o substrato areno-orgânico. Os frascos contendo o inóculo foram mantidos em estufa tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) a $28 \pm 2^\circ\text{C}$, por quinze dias, onde foram regularmente homogeneizados para acelerar o processo de infestação. Antes da infestação do solo, foi realizado o plaqueamento do inóculo para testar a viabilidade. O solo dos vasos foi infestado com o referido patógeno, na camada de 10 cm de profundidade, na dosagem de 18gL^{-1} de solo.

2.3 INCORPORAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA AO SOLO E COBERTURA COM *MULCH*

O solo foi umedecido antes da incorporação da matéria orgânica (até a capacidade de campo). O nabo forrageiro (*Raphanus sativu* L.) foi plantado em uma fazenda agrícola de Mossoró e 55 dias após o plantio (DAP) foi colhido e triturado em forrageira (>50% das plantas em florescimento). A quantidade de nabo forrageiro incorporado foi equivalente a 40 t/ha (BONANOMI et al., 2010). O húmus e o composto orgânico Ecofértil® (Tabela 1) foram incorporados na dose de 5 t/ha, quantidade utilizada pelos produtores de melão no Rio Grande do Norte.

Os materiais foram distribuídos na superfície do solo contido nos vasos previamente determinados, sendo em seguida incorporados a 10 cm de profundidade e distribuídos de forma homogênea. Após a incorporação dos materiais orgânicos, os vasos foram cobertos com *mulch* de polietileno (preto/branco), e 20 dias após a cobertura do solo foi feito um furo no *mulch* para volatilização dos gases e redução da temperatura do solo.

2.4 PRODUÇÃO, TRANSPLANTIO DAS MUDAS E PRÁTICAS CULTURAIS

Sementes híbridas de meloeiro amarelo ‘Goldex’ foram semeadas em bandeja de

polietileno, contendo substrato comercial. As bandejas foram irrigadas de forma manual duas vezes ao dia. O transplântio das mudas foi realizado 10 dias após a semeadura, sendo uma muda por vaso (capacidade 14 L), quando estavam com uma folha definitiva. Os vasos foram irrigados por sistema de gotejamento automático e as adubações foram feitas conforme a análise química do solo, atendendo à necessidade da cultura.

2.5 APLICAÇÃO DO PRODUTO À BASE DE MICRORGANISMOS

O produto Compost-Aid[®], à base de microrganismos, foi utilizado em ambos os experimentos, conforme recomendação do fabricante (Tabela 2). Foram realizadas três aplicações, sendo a primeira de 3 kg ha⁻¹, a segunda e a terceira de 2 kg ha⁻¹, nos períodos de 3, 10 e 17 dias após o transplântio das mudas. As aplicações foram realizadas a partir da diluição dos produtos em água e a quantidade aplicada em cada vaso correspondeu à lâmina de irrigação.

Tabela 2. Composição biológica do produto utilizado no experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

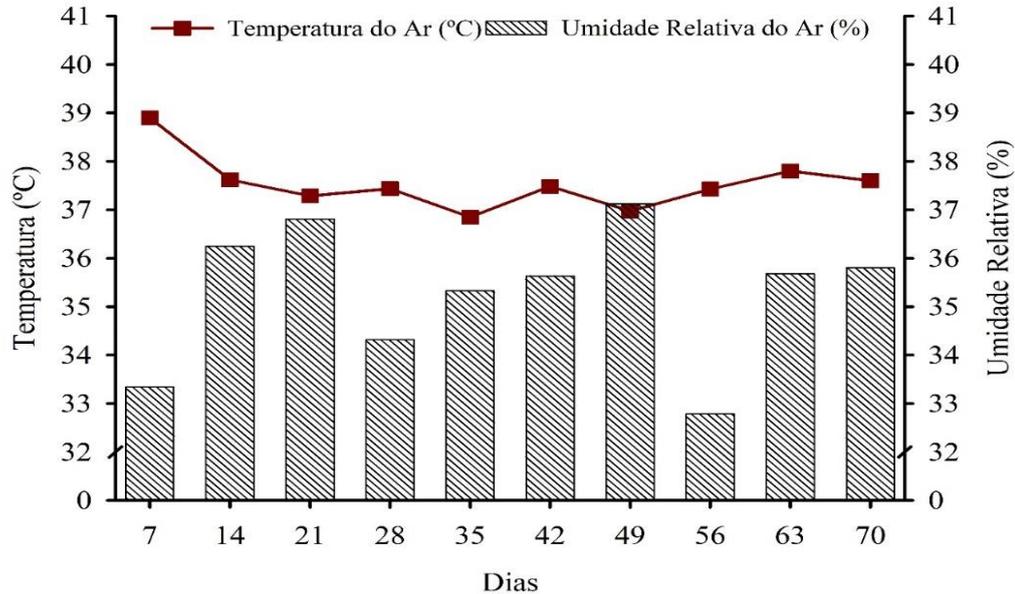
Compost-Aid[®]		
Microrganismos	UFC g⁻¹	Enzimas
<i>Lactobacillus plantarum</i>	1,25 x 10 ⁸	Protease
<i>Bacillus subtilis</i>	1,25 x 10 ⁸	Celulase
<i>Enterococcus faecium</i>	1,25 x 10 ⁸	Xylanase

2.6 MONITORAMENTO DA TEMPERATURAS E UMIDADE DO AR

Durante a execução dos experimentos, foram aferidas as temperaturas do solo diariamente, às 13h00, introduzido o termômetro químico (PROMO LAB[®]) no solo a 10 cm de profundidade, permanecendo por dois minutos em cada vaso, para garantir a estabilização da temperatura em todos os tratamentos. A temperatura e umidade do ar foram aferidas utilizando um termohigrômetro digital (J PROLAB[®]).

2.6.1 Temperatura e umidade relativa do ar

Figura 1. Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação. Mossoró-RN, UFRSA, 2021.



2.7 INCIDÊNCIA, SEVERIDADE E OCORRÊNCIA DE PATÓGENOS

As avaliações de incidência e severidade da doença foram realizadas aos 60 dias após transplante. A incidência foi estimada pelo percentual de plantas sintomáticas em cada tratamento. A severidade da doença foi avaliada utilizando-se a escala de notas descrita por Ambrósio et al. (2015), em que 0 = assintomático, 1 = menos dos 3% dos tecidos infectados, 2 = 3-10% dos tecidos infectados, 3 = 11-25% dos tecidos infectados, 4 = 26-50% dos tecidos infectados, 5 = mais de 50% dos tecidos infectados e plantas mortas.

Para a identificação dos patógenos, fragmentos da área limítrofe foram retirados de todas as plantas que apresentaram sintomas e passaram por um processo de desinfestação superficial (BUENO et al., 2004). Foram colocados quatro fragmentos de cada planta em placas de Petri contendo meio de cultura batata dextrose ágar (BDA) + antibiótico (tetraciclina 0,05g L⁻¹). Após os procedimentos, foram mantidas em estufa BOD a 28 ± 2°C, por seis dias. Os patógenos foram identificados utilizando chaves de identificação (BARNETT; HUNTER, 1998; LESLIE; SUMMEREL, 2008), de acordo com as características morfológicas observadas.

2.8 ANÁLISE DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO MELOEIRO

Aos 60 DAP, foram avaliados: altura das plantas, com uma fita métrica; diâmetro do caule, com auxílio de um paquímetro digital (CARBOGRAFITE®); número de folhas; massa fresca e seca da parte aérea; volume de raiz.

2.9 ANÁLISE DOS DADOS

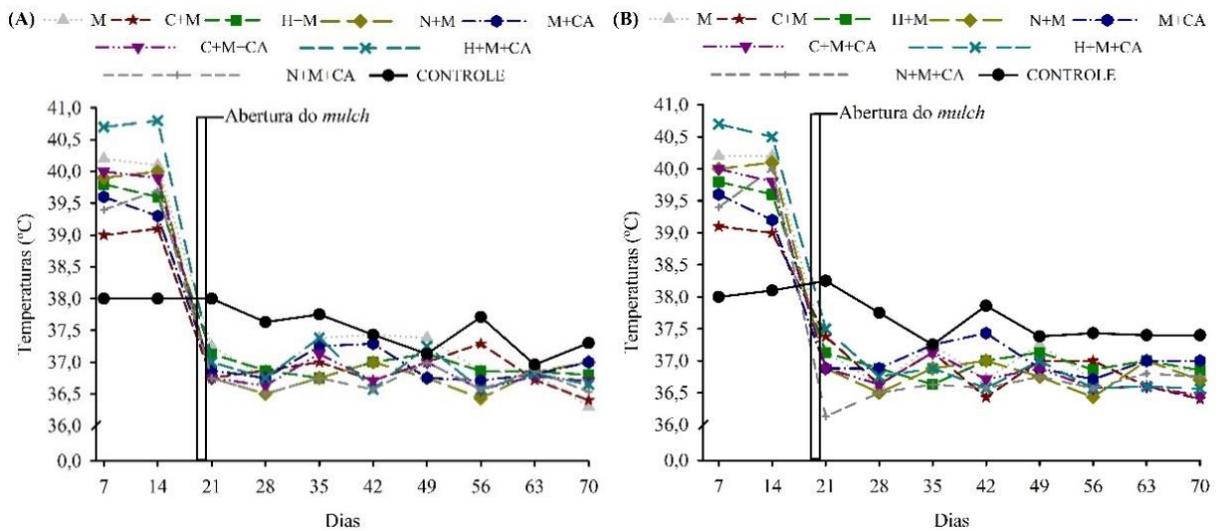
Para verificar o efeito dos tratamentos, foram avaliados os pressupostos da análise de variância normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) dos resíduos ($p < 0,05$). Uma vez atendidos os pressupostos, o efeito dos tratamentos foi observado a partir da significância do teste F da análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Para as variáveis que não apresentaram distribuição normal e/ou homogeneidade de variâncias, foi ajustado o modelo generalizado com a distribuição correspondente utilizando a função *glm* do R. As médias foram separadas pelo teste de Tukey-Kramer ($p < 0,05$). Para a variável ocorrência de patógenos, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Todas as análises foram realizadas no *software* R versão 4.02 (R CORE TEAM 2020).

3 RESULTADOS

3.1 TEMPERATURA DO SOLO

Em ambos os experimentos, verificou-se que os tratamentos com a cobertura plástica (*mulch*), antes da abertura do *mulch* de polietileno, apresentaram temperaturas superiores ao controle (sem *mulch*), com valores variando entre 39,5 a 41°C, com destaque para os tratamentos H+M+CA; M; e C+M+CA, observando-se as maiores temperaturas (Figuras 2A e 2B). Após a abertura do *mulch*, houve redução da temperatura do solo, sendo observadas as maiores médias no tratamento controle (Figuras 2A e 2B).

Figura 2. Temperaturas antes e após a abertura do *mulch*, no primeiro (A) e segundo experimentos (B), respectivamente. Mossoró-RN, UFRSA, 2021.



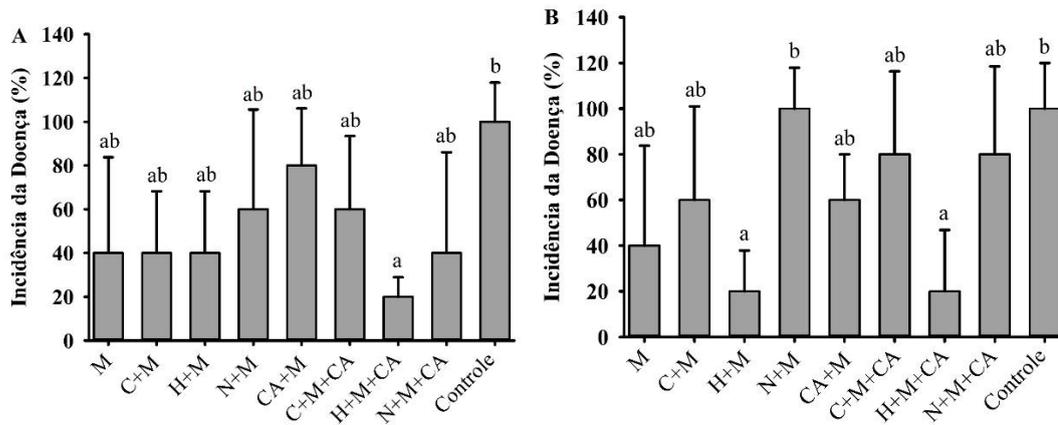
Mulch de polietileno (M), Composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C).

3.2 INCIDÊNCIA DA DOENÇA

O tratamento H+M+CA reduziu 80% a incidência da doença em comparação ao controle, em ambos os experimentos (Figura 3A e 3B). Os tratamentos M; C+M; H+M e N+M+CA não diferiram do controle, mas proporcionaram redução de 60% em relação a este tratamento no experimento I (Figura 3A).

No experimento II, o tratamento H+M também diferiu do controle, reduzindo 80% da incidência da doença, e os tratamentos M e C+M não diferiram do controle (Figura 3B).

Figura 3. Incidência de podridão radicular em meloeiro nos experimentos I (A) e II (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

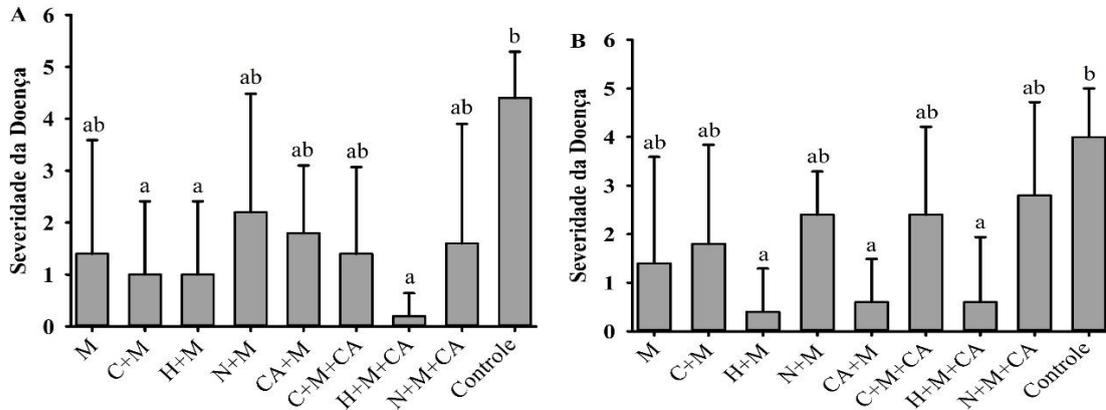


Mulch de polietileno (M), composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C). Barras seguidas pela mesma letra, no mesmo experimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey-kramer a 5% de probabilidade.

3.3 SEVERIDADE DA DOENÇA

No experimento I, os tratamentos C+M; H+M e H+M+CA não diferiram entre si, mas diferiram do controle (Figura 4A), proporcionando reduções de 73,3% nos tratamentos C+M e H+M e 95,5% para H+M+CA. Os tratamentos H+M e H+M+CA mostraram resultados semelhantes no experimento II (Figura 4B). No experimento II, os tratamentos M; N+M+CA foram estatisticamente iguais ao controle, e os tratamentos C+M e N+M, mesmo não diferindo do controle, reduziram 55 e 40% a severidade da doença (Figura 4B).

Figura 4. Severidade da podridão radicular em meloeiro nos experimentos I (A) e II (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

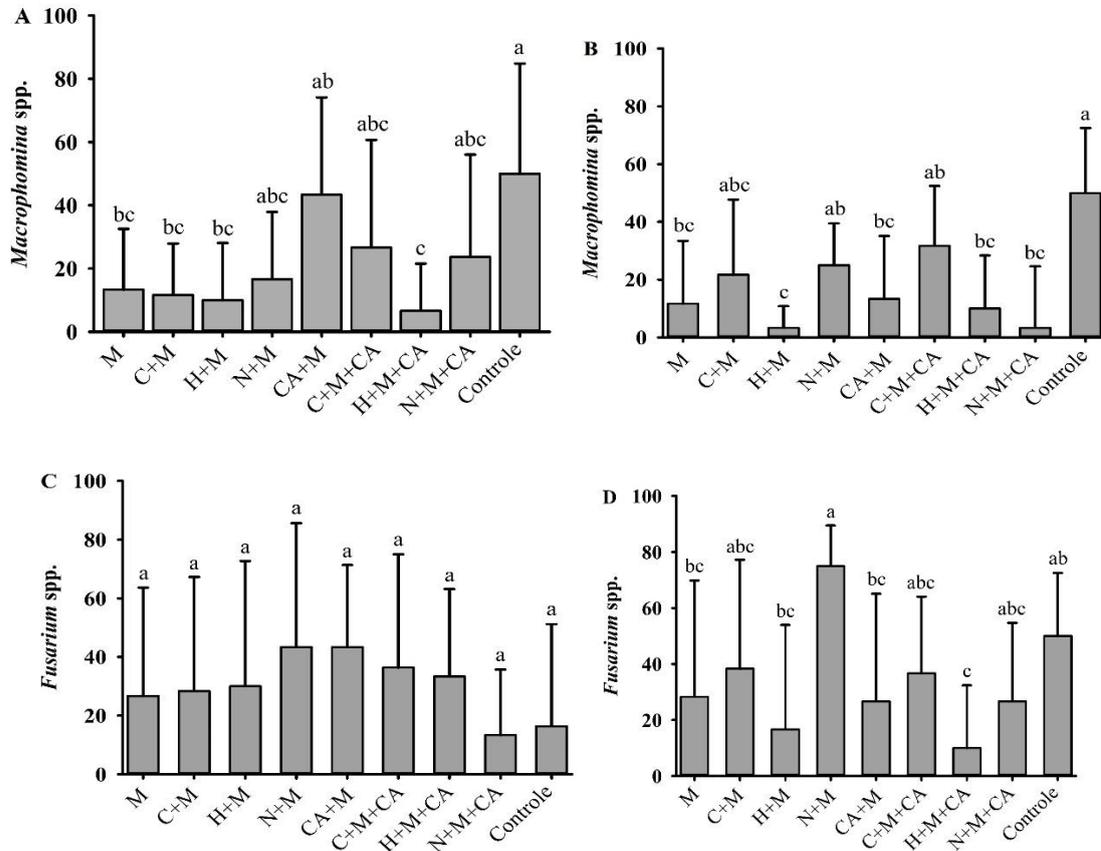


Mulch de polietileno (M), composto orgânico + Mulch (C+M), Húmus + Mulch (H+M), Nabo forrageiro + Mulch (N+M), Compost-Aid® + Mulch (CA+M), Mulch + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), Mulch + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), Mulch + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C). Barras seguidas pela mesma letra, no mesmo experimento, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey-kramer a 5% de probabilidade.

3.4 OCORRÊNCIA DE PATÓGENOS

Em ambos os experimentos, foi observada ocorrência dos fungos *Fusarium* spp. e *Macrophomina* spp. (Figura 5). No experimento I, a menor ocorrência de *Macrophomina* spp. foi observada no tratamento H+M+CA, diferindo apenas do controle e CA+M (Figura 5A). Estes resultados foram semelhantes no experimento II, exceto pelo fato do tratamento C+M não diferir do controle (Figura 5B). Para *Fusarium* spp., não houve diferença entre os tratamentos no experimento I (Figura 5C), entretanto o H+M+CA, no experimento II, proporcionou a menor ocorrência de *Fusarium* spp., diferindo do controle, e de N+M (Figura 5D).

Figura 5. Ocorrência de *Macrophomina* spp. (A e B) e *Fusarium* spp. (C e D) nos experimentos I e II, respectivamente. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.



Mulch de polietileno (M), Composto orgânico + Mulch (C+M), Húmus + Mulch (H+M), Nabo forrageiro + Mulch (N+M), Compost-Aid® + Mulch (CA+M), Mulch + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), Mulch + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), Mulch + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C). Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis.

3.5 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO EM MELOEIRO

Houve efeito significativo dos tratamentos (5% de probabilidade pelo teste F) (Tabela 3) apenas em volume de raiz, nos experimentos 1 e 2.

Tabela 3. Resumo da análise de variância de variáveis de crescimento de plantas de meloeiro sob efeito de diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Experimento 1			Experimento 2		
		DC ⁽¹⁾	ALT ⁽²⁾	VR ⁽³⁾	DC ⁽¹⁾	ALT ⁽²⁾	VR ⁽³⁾
Tratamentos	8	4,52	0,61	340,28*	4,99	0,99	280,71*
Erro	36	22,21	2,11	394,44	13,32	3,84	394,44
CV (%)	44	10,67	12,29	38,27	8,37	14,52	33,04

*Teste F significativo a 5% de probabilidade por anova; (1) Diâmetro do caule; (2) Altura de Plantas; (3) Volume de Raiz.

Em ambos os experimentos, para as variáveis altura e diâmetro do caule, os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 4), no entanto o volume de raiz foi maior no tratamento H+M, não diferindo dos tratamentos C+M; N+M; H+M+CA e N+M+CA, nos dois experimentos (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de altura (m), diâmetro do caule (mm) e volume de raiz (mL) de meloeiro submetido a diferentes tratamentos e avaliado aos 60 DAT. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

Tratamentos	Experimento I			Experimento II		
	ALT ¹	DC ²	VR ³	ALT ¹	DC ²	VR ³
M	2,02a	7,57a	9,40bc	2,15a	7,33a	9,56 bc
C+M	2,09a	6,98a	14,41ab	2,03a	7,28a	12.14 ab
H+M	1,83a	6,93a	14,94a	2,16a	7,08a	14,66 a
N+M	1,99a	8,00a	11,80abc	1,92a	7,14a	10,68 abc
M+CA	2,11a	7,43a	6,50c	1,95a	6,93a	6,28 c
C+M+CA	2,07a	7,30a	8,78bc	1,86a	6,79a	6,80 c
H+M+CA	1,91a	7,36a	12,98ab	1,76a	7,48a	11,85 ab
N+M+CA	1,93a	7,56a	9,30bc	1,84a	8,01a	8,90 bc
CONTROLE	1,75a	7,11a	8,48bc	1,74a	7,35a	9,30 bc
CV (%)	12,29	10,67	38,27	14,52	8,37	33,04

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). DAT= Dias após o transplante. ⁽¹⁾ Altura de Plantas; ⁽²⁾ Diâmetro do caule; ⁽³⁾ Volume de raiz. *Mulch* de polietileno (M), Composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (M+C+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (M+H+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (M+N+CA) e Controle (C).

No experimento I, o tratamento N+M proporcionou o maior número de folhas (127 folhas), mas não diferiu dos tratamentos M+CA e C+CA (Tabela 5), e os resultados se repetiram no experimento II. Para a massa fresca, no experimento I, os melhores resultados foram observados nos tratamentos N+M; M; C+M; N+M+CA e M+CA, não diferindo entre si, mas diferiram do controle.

Já no experimento II, a massa fresca foi maior no tratamento H+M, não diferindo de N+M; N+M+CA e M, respectivamente (Tabela 5). Para a massa seca, os tratamentos C+M; M e N+M proporcionaram os maiores valores no experimento I, diferindo apenas do controle. No experimento II, a massa seca foi maior no tratamento H+M, diferindo apenas do controle (Tabela 5).

Tabela 5. Médias do número de folhas, massa fresca (g), massa seca (g) de meloeiro submetido a diferentes tratamentos e avaliado aos 60 DAT. Mossoró-RN, UFRSA, 2021.

Tratamentos	Experimento I			Experimento II		
	NF	MFPA ¹	MSPA ¹	NF	MFPA ¹	MSPA ¹
M	97,0 cd	268,0 c	36,4 b	103,0 bcd	264,0 cd	34,0 ab
C+M	112,0 de	256,0 bc	37,6 b	105,0 bcd	248,0 bc	32,8 ab
H+M	92,0 bc	233,0 b	30,8 ab	96,0 abc	288,0 d	37,6 b
N+M	127,0 e	272,0 c	36,4 b	106,0 cd	271,0 cd	33,8 ab
M+CA	120,0 e	244,0 bc	30,4 ab	116,0 d	247,0 bc	32,8 ab
C+M+CA	77,0 ab	226,0 b	30,0 ab	82,0 a	227,0 b	29,2 ab
H+M+CA	99,0 cd	229,0 b	29,2 ab	90,0ab	224,0 b	28,4 ab
N+M+CA	116,0 de	249,0 bc	32,4 ab	110,0 cd	270,0 cd	34,0 ab
CONTROLE	70,0 a	177,0 a	23,2 a	79,0a	175,0 a	24,6 a

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey- kramer a 5% de probabilidade. DAT = Dias após o transplantio. NF=número de folhas ⁽¹⁾ massa fresca da parte aérea; ⁽²⁾ massa seca da parte aérea; *Mulch* de polietileno (M), Composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (M+C+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (M+H+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (M+N+CA) e Controle (C).

4 DISCUSSÃO

O *mulch* proporcionou as maiores temperaturas durante o período em que os vasos permaneceram fechados. Esse aumento de temperatura pode ser explicado pela retenção de calor sob plástico. Após a abertura do *mulch*, houve redução de temperatura de 9,8% nos tratamentos H+M; M e C+M+CA.

O *mulch* de polietileno é usado para reduzir a evaporação da água, incidência de plantas daninhas e aumentar a produtividade das culturas em regiões semiáridas em todo mundo (LODHA; MAWAR, 2020). Também é utilizado para controle de PHS, por meio da técnica de solarização do solo. Vários pesquisadores já relataram o efeito da aplicação do *mulch* de polietileno para o controle de PHS (LODHA; MAWAR, 2020; ORR, 2021), no entanto o plástico mais utilizado para este fim é o transparente, que promove maiores aumentos de temperatura do solo.

O plástico de polietileno vem sendo utilizado para controle de PHS em diferentes culturas de alto valor econômico. Coelho et al. (2013), por exemplo, na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L), observaram que a cobertura do solo com filme de polietileno preto proporcionou temperaturas máximas diárias entre 39 e 42 °C. Já em solo sem a cobertura, foram observadas temperaturas máximas entre 38 e 41°C, mostrando pouca variação quando se utilizou plástico. Baptista et al. (2007), quando estudaram a incidência da murcha bacteriana em tomateiro,

registraram temperaturas do solo em torno de 40 a 45°C nas parcelas solarizadas com *mulch*.

A utilização do *mulch* de polietileno, associada à adição de material orgânico no solo, acelera o processo de decomposição, liberando substâncias tóxicas e elevando a temperatura do solo (ROCHA; CARNEIRO, 2016), o que facilita o controle de PHS (KANAAAN et al., 2018). Os patógenos possuem uma faixa de temperatura ideal para o seu desenvolvimento, a qual varia de acordo com o microrganismo. O fungo *M. phaseolina* caracteriza-se como termotolerante, pois se desenvolve bem sob temperaturas de 25 a 35°C (PARMAR et al., 2018). No entanto, as temperaturas observadas nos tratamentos com *mulch* e material orgânico são consideradas altas, o que pode prejudicar o desenvolvimento desse fungo.

O controle da podridão radicular foi potencializado pela associação das técnicas, sendo observada menor incidência da doença no tratamento com *mulch* + húmus e húmus associados ao *mulch* e Compost-Aid[®]. A incorporação da matéria orgânica associada ao *mulch* com adição do Compost-aid[®] promove a biofumigação, acarretando na redução da doença. A matéria orgânica é responsável por atuar nas características biológicas do solo, sendo utilizada como fonte de energia, nutrientes e carbono para o metabolismo microbiano, induzindo a supressividade de doenças (SILVA et al., 2013).

O Compost-Aid[®] tem em sua composição enzimas que atuam no processo de decomposição da matéria orgânica e apresentam bactérias do gênero *Bacillus*, as quais atuam como biocontroladoras, capazes de suprimir doenças causadas por patógenos. A espécie *Bacillus subtilis*, por exemplo, possui mecanismos que incluem a síntese de metabólitos secundários, hormônios, enzimas que degradam a parede celular e apresentam antioxidante que auxilia a planta em sua defesa contra doenças causadas por inúmeros patógenos (HASHIM et al., 2019).

A bactéria *B. subtilis* é eficaz no controle biológico de fungos patogênicos por seus variados mecanismos antagônicos (BRAGA JÚNIOR et al., 2017). Esses microrganismos benéficos contribuíram para que os tratamentos que continham esse microrganismo favorecessem a redução da incidência e severidade da podridão radicular causada pelo fungo *M. phaseolina*, corroborando com os resultados da pesquisa. Torres et al. (2016) evidenciaram que espécies de *Bacillus* possuem a capacidade de inibir *M. phaseolina* e exercer efeito fungitóxicos, gerando danos letais às suas estruturas reprodutivas. Resultados semelhantes também foram constatados por Singh et al. (2008), tendo *B. subtilis* inibido o crescimento micelial de *M. phaseolina in vitro* e reduzido os sintomas de podridão radicular em plântulas de *Pinus roxburghii*, em casa de vegetação.

A utilização de *mulch* de polietileno, associada à incorporação de materiais orgânicos ao

solo, vem demonstrando eficiência no controle de PHS, devido a compostos tóxicos que são liberados (BEDENDO et al., 2018). A matéria orgânica, quando aplicada sozinha ao solo, promove benefícios, inclusive causando supressão a diferentes patógenos, como relatado por Rivera et al. (2004), que obtiveram resultados favoráveis com a utilização do húmus na supressão de fitopatógenos, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular das plantas, como *Pythium ultimum* em pepino (*Cucumis sativus*) e *R. solani* em abóbora (*Cucurbita moschata*). Os resultados podem apresentar efeito aditivo, quando associado ao *mulch* de polietileno.

Embora o objetivo da pesquisa fosse relacionado a *M. phaseolina*, o solo apresentou maior ocorrência de *Fusarium* spp, porque o mesmo tinha sido coletado de área já cultivada com meloeiro e com alta incidência de PHS, inclusive *Fusarium*. O solo não foi autoclavado para que pudesse ser expressa também a ação dos microrganismos antagonistas presentes nesse solo, o que torna a prática mais próxima à realidade de campo. As condições climáticas também favoreceram o desenvolvimento do *Fusarium*.

O fungo *Fusarium* sp. tem ampla ocorrência em áreas produtoras de melão no Nordeste brasileiro, assim como foi constatado nesse trabalho, o que na maioria das vezes ocorre em associações com outros patógenos (ANDRADE et al., 2005; PORTO et al., 2016).

Os tratamentos nos quais se incorporou material orgânico associado ao *mulch* de polietileno proporcionaram os melhores resultados para o número de folhas e matérias fresca e seca. Estes resultados ocorreram devido à maior disponibilidade de nutrientes liberados por esses materiais. A utilização de húmus, por exemplo, melhora significativamente os atributos físicos, químicos, e biológicos do solo, promovendo a proliferação de microrganismos benéficos, melhorando o desenvolvimento e o crescimento das plantas (DORES-SILVA; LANDGRAF; REZENDE, 2013)

5 CONCLUSÃO

A incorporação de materiais orgânicos associados ao *mulch* de polietileno e produto à base de microrganismos (Compost-Aid[®]) é uma alternativa eficaz no manejo da podridão radicular em meloeiro.

O tratamento com a incorporação de húmus associado ao *mulch* de polietileno e produto comercial Compost-Aid[®] proporcionou uma redução de 80 % na incidência da doença e 95,5 % na severidade.

Os resultados mostraram que os tratamentos são capazes de reduzir a incidência e a severidade da doença, e podem ser indicados para uso em área de produção de melão.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário**, 2021. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 07 ago. 2021.
- AMBRÓSIO, M. M. Q.; et al. Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seedling resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Euphytica**, v. 206, n. 2, p. 287- 300, 2015.
- ANDRADE, D. E. G.; et al. Frequência de fungos associados ao colapso do meloeiro e relação com características físicas, químicas e microbiológicas dos solos. **Summa Phytopathologica**, v. 31, n. 4, p. 326-331, 2005.
- BAPTISTA M. J.; et al. Eficiência da solarização e biofumigação do solo no controle de murcha-bacteriana do tomateiro no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.7, p. 933-938, 2007.
- BARNETT H.; HUNTER B. B. Illustrated genera of imperfect fungi. **The American Phytopathological Society**, Minnesota, p. 234, 1998.
- BEDENDO, I. P.; MASSOLA JÚNIOR, N. S.; AMORIM, L. Controles cultural e físico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. 5ª ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2018.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds). **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. 4ª Ed. Agronômica Ceres, 2005. p. 66
- BONANOMI, G.; et al. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 2 p. 136-144, 2010.
- BRAGA JÚNIOR, G. M.; et al. Controle biológico de fitopatógenos por *Bacillus subtilis* in vitro. **Biota Amazonia**, v. 7, n. 3, p. 45-51, 2017.
- COELHO; M. E. H; et al. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 369-378, 2013.

CRUZ, B. L. S.; et. Efeito de adubos verdes sobre a podridão radicular de *Fusarium* em meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 1, p. 39-46, 2016.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. *Quím. Nova*, vol.36, n.5, p.640-645, 2013. ISSN 0100-4042

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

HASHEM A; TABASSUM B; ALLAH E. F. A. A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1291-1297, 2019.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/melao/br>. Acesso em: 13 nov. 2021.

KANAAN, H.; et al. long and short term. effects of solarization on soil microbiome and agricultural production. **Applied Soil Ecology**, v. 124, p. 54-61, 2018.

LEFÉVRE, A. F.; SOUZA, N. L. Determinação da temperatura letal para *Rhizoctoniasolani* e *Sclerotium rolfsii* e efeito da solarização sobre a temperatura do solo. **Summa Phytopathologica**, v. 19, n. 2, p. 107-112, 1993.

LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. **The *Fusarium* laboratory manual**. John Wiley & Sons, 2008.

LIU, L.; et al. Relationships of decomposability and C/N ratio in different types of organic matter with suppression of *Fusarium oxysporum* and microbial communities during reductive soil disinfestation. **Biological Control**, v. 101, n. 3, p. 103-113, 2016.

LODHA, S.; MAWAR, R. Population dynamics of *Macrophomina phaseolina* in relation to disease management: A review. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n. 1, p. 1-17, 2020.

NASCIMENTO, P. G. M. L.; et al. Microbial Communities in Soil Cultivated with Muskmelon

under Different Management Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-15, 2016.

NASCIMENTO, P. M. L.; et al. Incidence of root rot of muskmelon in different soil management practices. **European Journal of Plant Pathology**, v. 152, n. 2, p. 433-446, 2018.

PARMAR, H.; BHALIYA, C.; KAPADIYA, H. Effect of media and temperature on the growth and sclerotial Formation of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid causing Root Rot of Castor. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 2, p. 671-675, 2018.

PORTO, M. A. F; et al. Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) no controle da podridão radicular do meloeiro causada por associação de patógenos. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 4, p. 327-332, 2016.

PRASAD, S.; et al. Microbiologia do solo para reciclagem de nutrientes saudáveis. Current Trends in Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture. **Biotecnologia Ambiental e Microbiana**, 2021.

R CORE TEAM. 2020. **R: A language and environment for statistical computing**. RFoundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

RIVERA, M. C.; et al. Temperature and dosage dependent suppression of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* in vermicompost amended nurseries of white pumpkin. **Phyton**, v. 73, p. 131-136, 2004.

ROCHA, G. A; CARNEIRO, L. C. Solarização do solo associada à incorporação de material orgânico na redução da viabilidade de escleródios. **Revista de Ciências Agroambientais**, n. 1, v. 14, p. 10-17, 2016.

SANTOS, C. A.; SOUZA, A. C.; CARMO, M. G. F. Biofumigation with species of the Brassicaceae family: a review. **Ciência Rural**, v. 51, 2020.

SILVA, M. S.; et al. Brazilian Cerrado Soil Actinobacteria Ecology. **BioMed Research International**, v. 13, p. 1-10, 2013.

SINGH, N.; et al. Biological control of root rot fungus *Macrophomina phaseolina* and growth enhancement of *Pinus roseburghii* (Sarg.) by rhizosphere competent *Bacillus subtilis* BN1.

Word Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 24, n. 9, p. 1669-1679, 2008.

TORRES M. J.; et al. Antagonistic effects of *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* and *B. amyloliquefaciens* against *Macrophomina phaseolina*: SEM study of fungal changes and UV-MALDI-TOF MS analysis of their bioactive compounds. **Microbiological Research**, v. 182, p. 31-39, 2016.

CAPÍTULO III

INFLUÊNCIA DE MATÉRIA ORGÂNICA ASSOCIADA AO *MULCH* DE POLIETILENO E PRODUTO COMERCIAL EM COMUNIDADES MICROBIANAS DO SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO

RESUMO: O Brasil é um dos principais produtores de melão (*Cucumis melo* L.), porém as práticas de manejo convencional têm afetado negativamente a matéria orgânica e a população microbiana do solo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da matéria orgânica associada ao *mulch* de polietileno e produto à base de microrganismos na microbiota do solo cultivado com meloeiro. O experimento foi conduzido em duplicata, em casa de vegetação, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: *Mulch* de polietileno (M), composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid[®] + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid[®] (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid[®] (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid[®] (N+M+CA) e Controle (C). Para a quantificação dos microrganismos, utilizou-se o método de diluição seriada e plaqueamento em meio específico, para cada grupo de microrganismos. A incorporação de nabo forrageiro e húmus aumentou a população de bactérias esporulantes, porém o nabo forrageiro reduziu a população de fungos. O tratamento M+CA proporcionou a maior quantidade de bactérias totais. Os tratamentos com incorporação de material orgânico proporcionaram aumento na população de actinomicetos, com destaque para C+M+CA. Conclui-se que a comunidade microbiana do solo cultivado com meloeiro é influenciada pela incorporação da matéria orgânica e produto à base de microrganismos, associado ao *mulch* de polietileno.

Palavras-chave: Adubação orgânica. *Cucumis melo* L. Microbiota do solo.

**INFLUENCE OF ORGANIC MATTER ASSOCIATED WITH POLYETHYLENE
MULCH AND COMMERCIAL PRODUCT ON MICROBIAL COMMUNITIES OF
SOIL CULTIVATED WITH MELON**

ABSTRACT: Brazil is one of the main producers of melon (*Cucumis melo* L.), but conventional management practices have negatively affected soil organic matter and microbiological population. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of organic matter associated with polyethylene *mulch* and a product based on microorganisms on the microbiota of soil cultivated with melon. The experiment was carried out in duplicate, in a greenhouse, using a completely randomized design, with nine treatments and five replications. The treatments were: Polyethylene *Mulch* (M), Organic Compost + *Mulch* (OC+M), Humus + *Mulch* (H+M), Forage Turnip + *Mulch* (FT+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Organic Compost + Compost-Aid® (M+OC+CA), *Mulch* + Humus + Compost-Aid® (M+H+CA), *Mulch* + Turnip + Compost-Aid® (M+T+CA) and Control (C). For the quantification of microorganisms, the method of serial dilution and plating in specific medium was used for each group of microorganisms. The incorporation of forage radish and humus increased the population of sporulating bacteria, however the forage radish reduced the population of fungi. The M+CA treatment provided the highest amount of total bacteria. The treatments with incorporation of organic material provided an increase in the population of actinomycetes, especially C+M+CA. It is concluded that the microbial community of soil cultivated with melon is influenced by the incorporation of organic matter and a product based on microorganisms, associated with polyethylene *mulch*.

Keywords: *Cucumis melo* L. Organic fertilization. Soil microbiota.

1 INTRODUÇÃO

No cenário nacional, o Rio Grande do Norte e Ceará foram responsáveis por aproximadamente 95% da produção total dos frutos, com área plantada média de 12.300 hectares na safra 2019/20. Apesar das dificuldades, mais de 80% da área colhida de melão nos estados citados foram exportados em 2020 (ANÚARIO HORTIFRUTI, 2021), de maneira que a cultura possui grande importância econômica para os produtores do Semiárido irrigado brasileiro, gerando emprego e renda.

Os cultivos sucessivos e a monocultura, práticas muito comuns na produção de melão do Brasil, têm contribuído para aumentar a população de microrganismos patogênicos, aumentando a incidência de doenças em campo (NASCIMENTO et al., 2018). Além disso, as práticas de manejo convencional reduzem a matéria orgânica e a população de microrganismos (CARIDE et al., 2012). Diante dessa problemática, é necessária a adoção de técnicas que contribuam com o desenvolvimento dos microrganismos benéficos no solo. Portanto, algumas técnicas vêm sendo estudadas com o objetivo de favorecer os microrganismos antagonistas presentes no solo e, conseqüentemente, o controle biológico de patógenos habitantes do solo (PHS) (VISCONTI et al., 2017).

Os microrganismos benéficos por meio de interações antagonicas podem reduzir a ocorrência ou a intensidade das doenças, por meio do antagonismo, competição, predação ou indução de resistência. Outra técnica bastante utilizada nas regiões produtoras de melão é a cobertura do solo com plástico de polietileno, entretanto esta técnica é utilizada com o objetivo de aumentar a produtividade e a qualidade dos frutos, pois evita a perda de água por evaporação e os gastos com o manejo de plantas daninhas (LIMA JÚNIOR; LOPES, 2009). Porém, são escassas as informações a respeito do efeito da incorporação de matéria orgânica, associada ao *mulch* de polietileno (já utilizado em áreas produtoras de melão) nas comunidades microbianas do solo.

Neste contexto, espera-se que a incorporação de matéria orgânica, quando associada ao *mulch* de polietileno e produtos à base de microrganismos, favoreça a rápida decomposição da matéria orgânica, favorecendo as comunidades de microrganismos no solo, que atuarão também no manejo de doenças causadas por PHS.

A atividade microbiana influencia diretamente o estado de equilíbrio do solo. Esses microrganismos atuam em processos importantes, como disponibilidade de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, fixação biológica de nitrogênio e transformações bioquímicas (TURBÉ et al., 2010). Desta forma, a população microbiana do solo pode ser

alterada por diversas condições, como temperatura, umidade, manejo do solo, substratos orgânicos (NASCIMENTO et al., 2016), dentre outros. Nesse sentido, compreender a dinâmica dos microrganismos do solo em áreas onde se pretende mudar o sistema de plantio para um sistema no qual a adição de matéria orgânica será prioridade é de grande importância, pois sua presença ou ausência se refletem na qualidade da produção e na melhoria da condição ambiental.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da matéria orgânica associada ao *mulch* de polietileno e produto comercial à base de microrganismos na microbiota do solo cultivado com meloeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E TRATAMENTO

Foram conduzidos dois experimentos em duplicata, nos meses de setembro a dezembro de 2019, em casa de vegetação na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró-RN, cujas coordenadas geográficas são 5°11'31"S de 5°12'48'' S; 37°18'44''W de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 18 m. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com nove tratamentos e cinco repetições.

Os tratamentos foram: *Mulch* de polietileno (M), Composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid[®] + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid[®] (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid[®] (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid[®] (N+M+CA) e Controle (C).

A unidade experimental foi constituída de uma planta de melão amarelo híbrido Goldex por vaso contendo 14 dm⁻³ de solo. O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, em fazenda agrícola com histórico de doenças no sistema radicular, localizada em Mossoró-RN. Uma amostra homogênea foi coletada para a realização da análise química (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos de amostras de solo, húmus e composto. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

Amostras	N	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	PST
	g/kg	H ₂ O	----mg/dm ³ ----			-----cmol _c /dm ³ -----						%
Solo	-	6,9	152,1	30,2	100,2	1,8	0,7	0,0	0,8	3,0	3,1	14
Húmus	11,4	6,7	51,3	105,65	354,2	20,4	3,2	0,0	0,9	27,9	28,9	5
Composto	N	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	C	MO	C/N	CE
	g/kg	H ₂ O	-----mg/dm ³ -----			----cmol _c /dm ³ ----			----g/kg-----		dS m ⁻¹	
	0,11	4,7	3.668,0	3,3	0,3	21,7	8,9	0,1	13,2	22,8	83,1	2,5

N: Nitrogênio; pH: Potencial hidrogeniônico; P: Fósforo; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Al³⁺: Alumínio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio; SB: Saturação de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; PST: Percentagem de sódio trocável; C: Carbono; MO: Matéria orgânica; CE: Condutividade elétrica.

2.2 INCORPORAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA AO SOLO, COBERTURA COM *MULCH* DE POLIETILENO E TRANSPLANTIO DAS MUDAS

O solo foi umedecido antes da incorporação da matéria orgânica (até a capacidade de campo). O nabo forrageiro (*Raphanus sativu* L.) foi plantado em uma fazenda agrícola de Mossoró e, 55 dias após o plantio (DAP), colhido e triturado em forrageira (>50% das plantas em florescimento). A dosagem de nabo forrageiro incorporado foi equivalente a 40 t/ha (BONANOMI et al., 2010). O húmus (Tabela 1) e o composto orgânico Ecofértil[®] (Tabela 1) foram incorporados na dosagem de 5 t/ha, quantidade utilizada pelos produtores de melão no Rio Grande do Norte. Todos os materiais foram distribuídos na superfície do solo contido nos vasos previamente determinados, sendo em seguida incorporados a 10 cm de profundidade e distribuídos de forma homogênea. Após a incorporação dos materiais orgânicos, os vasos foram cobertos com *mulch* de polietileno (preto/branco), e aos 20 dias após a implantação do experimento (DAI) foi feito um furo no *mulch* para volatilização dos gases e redução da temperatura do solo. As mudas de melão amarelo Goldex foram transplantadas 48 horas após a realização do furo no *mulch*.

2.3 APLICAÇÃO DO PRODUTO À BASE DE MICRORGANISMOS

O produto Compost-Aid[®], à base de microrganismos, foi utilizado em ambos os experimentos, conforme recomendação do fabricante (Tabela 2). Foram realizadas três aplicações, sendo a primeira de 3 kg ha⁻¹, a segunda e a terceira de 2 kg ha⁻¹, nos períodos de 3, 10 e 17 dias após o transplântio das mudas.

Tabela 2. Composição biológica do produto utilizado no experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

Compost-Aid®		
Microrganismos	UFC g⁻¹	Enzimas
<i>Lactobacillus plantarum</i>	1,25 x 10 ⁸	Protease
<i>Bacillus subtilis</i>	1,25 x 10 ⁸	Celulase
<i>Enterococcus faecium</i>	1,25 x 10 ⁸	Xylanase

2.4 MONITORAMENTO DAS TEMPERATURAS DO SOLO

Durante a execução dos experimentos, foram aferidas as temperaturas do solo, às 13h00, com termômetro introduzido no solo, a 10 cm de profundidade, permanecendo por dois minutos em cada vaso, para garantir estabilização da temperatura nos tratamentos.

2.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Antes da instalação do experimento, três amostras do solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, homogeneizadas para formação de uma amostra composta. Outras duas amostras de solo foram coletadas em cada vaso, sendo a primeira aos 20 DAI e a segunda aos 80 DAI (final do experimento). As amostras de solo foram mantidas em sacos plásticos e armazenadas a 10°C, para realização das análises microbianas do solo. Para a quantificação das comunidades microbianas, foi utilizado o método de contagem em placa, a partir de uma diluição seriada, usando meios de cultura específicos para cada grupo de microrganismos, de acordo com a metodologia de cada microrganismo

Para a contagem de fungos (FT) totais, foi utilizado meio de cultura de Martin (1 g K₂HPO₄; 0,5 g de MgSO₄; 5 g de peptona; 10 g de dextrose; 0,03 g de rosa-bengala; 16 g de ágar para 1.000 ml de água destilada) (MARTIN, 1950), acrescidos de 0,05 g L⁻¹ de tetraciclina. Para bactérias totais (BT) e bactérias esporulantes (BE), foi utilizado o meio nutriente ágar (ágar nutriente - 23,0 g; água destilada 1.000 mL). Para actinomicetos (AC), utilizou-se o meio de cultura amido caseína (para 1000mL de água destilada utilizou-se: 10 g de amido; 0,30g de caseína; 2,0 g de KNO₃; 2,0 g de NaCl; 2,0 g de K₂HPO₄; 0,05 g; 0,01 g de MgSO₄; 16,0 g de ágar) (CUNHA et al., 2014). Um grama de solo foi retirado de cada amostra e colocado em tubos de ensaio contendo 9 ml de água destilada e esterilizada, seguida da homogeneização em vórtex. Para cada ponto de diluição, 100 uL da solução foram plaqueados no meio de cultura e espalhados com alça de Drigalski. Na análise das bactérias esporulantes, as amostras foram

mantidas por 20 minutos em banho-maria, a 80° C, antes do plaqueamento (BETTIOL, 2007).

As amostras foram plaqueadas em triplicata e mantidas em estufa tipo BOD (demanda bioquímica de oxigênio) a $28 \pm 2^\circ\text{C}$, por até cinco dias para quantificação fúngica, dois dias para bactérias e sete dias para quantificação de actinomicetos. Foram consideradas para cálculo as placas que continham de 25 a 250 colônias (TORTORA, 2006).

2.6 ANÁLISE DOS DADOS

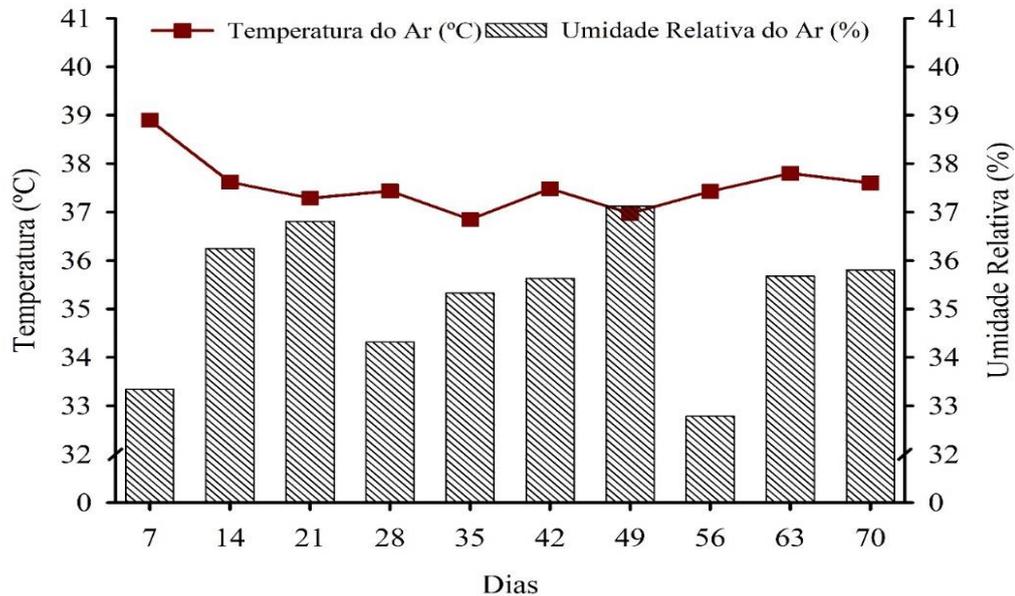
Para verificar o efeito dos tratamentos, foram avaliados os pressupostos da análise de variância normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (O'Neill e Mathews) dos resíduos a 5% de significância. Para as variáveis que apresentaram distribuição normal, foi utilizada análise de variância (ANOVA), complementada com teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as variáveis que não atenderam às pressuposições, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de ($p < 0,05$) de probabilidade. Todas as análises foram realizadas no *software* R versão 4.02 (R CORE TEAM 2020).

3 RESULTADOS

3.1 TEMPERATURA DO SOLO

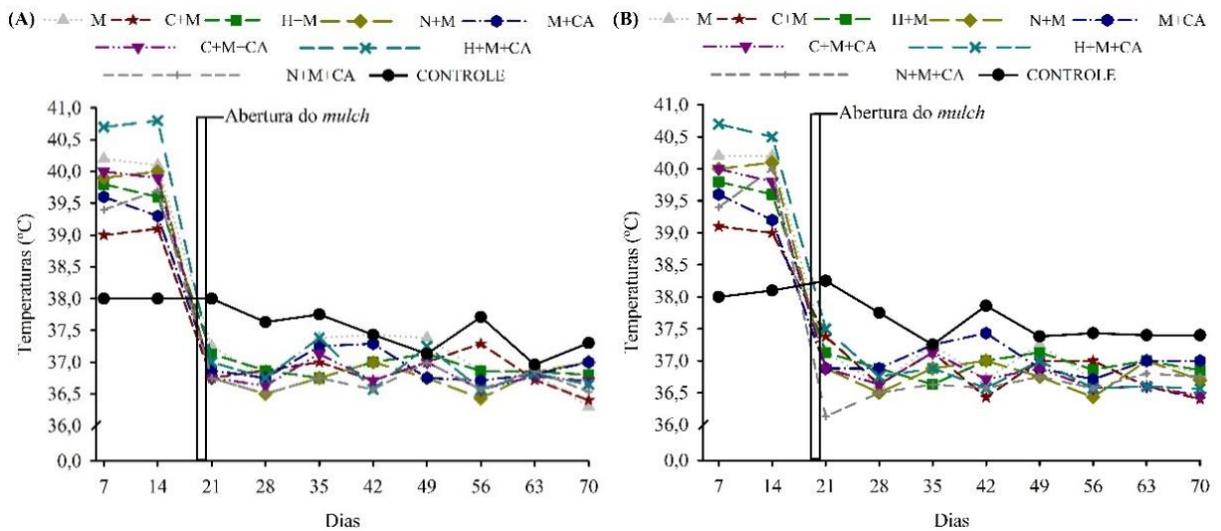
A temperatura do ar dentro da casa de vegetação oscilou durante a condução dos experimentos entre 37,9 e 38,9°C, e a umidade relativa do ar variou de 33 a 38% (Figura 1).

Figura 1. Temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.



Em ambos os experimentos, verificou-se antes da abertura do *mulch* de polietileno os tratamentos com a cobertura plástica (*mulch*) apresentaram temperaturas superiores ao controle (sem *mulch*), com valores variando entre 39,5 a 41°C, com destaque para os tratamentos H+M+CA; M e C+M+CA, que apresentaram as maiores temperaturas (41; 40,5 e 40°C, respectivamente) (Figuras 2A e 2B). Após a abertura do *mulch*, houve redução da temperatura do solo, sendo observadas as maiores médias no tratamento controle (Figuras 2A e 2B).

Figura 2. Temperaturas antes e após a abertura do *mulch*, no primeiro (A) e segundo experimento (B), respectivamente. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.



Mulch de polietileno (M), Composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C).

3.2 UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS (UFC)

Houve efeito significativo dos tratamentos (5 % de probabilidade pelo teste F) para todas as variáveis estudadas (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância fungos totais, bactérias totais e actinomicetos, em solo cultivado com meloeiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2021.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Experimento 1			Experimento 2		
		FT 80 ⁽¹⁾	BT 80 ⁽²⁾	AC 80 ⁽³⁾	FT 80 ⁽¹⁾	BT 20 ⁽⁴⁾	AC 80 ⁽³⁾
Tratamentos	8	9,77 x10 ^{4*}	1,88 x10 ^{12*}	5,176 x10 ^{9*}	7,16 x10 ^{4*}	9,76 x10 ^{11*}	5,27 x10 ^{9*}
Erro	36	9,18 x10 ³	4,56 x10 ¹⁰	4,943 x10 ⁷	8,60 x10 ³	3,45 x10 ¹⁰	2,83 x10 ⁷
CV (%)	44	14,60	19,44	14,02	14,30	24,66	10,57

*Teste F significativo a 5% de probabilidade por anova; (1) Fungos totais aos 80 dias de experimento; (2) Bactérias totais aos 80 dias de experimento; (3) Actinomicetos aos 80 dias de experimento; (4) Bactérias totais aos 20 dias de experimento.

A população inicial de fungos totais no solo foi de $11,9 \times 10^2$ UFCs g⁻¹ em ambos os experimentos (Tabela 4). No experimento I, aos 20 DAI, verificou-se que as menores populações de fungos totais foram nos tratamentos N+M e N+M+CA, com redução de 66,8 e 66,2% em relação à testemunha, respectivamente, não diferindo entre si. A redução se repetiu no experimento II (Tabela 4). Aos 80 DAI, o tratamento N+M manteve-se com a menor

concentração de fungos totais, com redução de 46,4 % em relação ao controle, diferindo estatisticamente apenas do controle (Tabela 4). No experimento II, a maior redução na concentração de fungos totais também foi obtida no tratamento N+M (55,9%), diferindo estatisticamente do controle (Tabela 4). Aos 80 DAI, a população de fungos foi estatisticamente menor nos tratamentos que utilizaram *mulch*, na comparação ao controle (Tabela 4).

Tabela 4. Número de unidades formadoras de colônias (UFCs) de fungos totais por grama de solo em diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFRSA, 2021.

Tratamentos	Fungos totais					
	Experimento I			Experimento II		
	Inicial	20 dias ^x	80 dias ^y	Inicial	20 dias ^x	80 dias ^y
-----10 ² do número de UFCs g ⁻¹ -----						
M*	11,9	10,8 a	7,48 b	11,9	10,8 b	7,13 b
C+M	11,9	8,93 b	5,89 bc	11,9	7,78 d	5,39 b
H+M	11,9	8,15 b	6,87 bc	11,9	8,90 c	6,82 b
N+M	11,9	5,43 c	5,23 c	11,9	5,60 e	5,33 b
M+CA	11,9	10,90 a	5,95 bc	11,9	10,90 b	6,08 b
C+M+CA	11,9	8,28 b	5,55 bc	11,9	8,69 c	5,79 b
H+M+CA	11,9	7,59 bc	6,71 bc	11,9	8,53 c	6,50 b
N+M+CA	11,9	5,54 c	5,61 bc	11,9	5,41 e	6,08 b
CONTROLE	11,9	16,38 a	9,75 a	11,9	12,27 a	9,23 a

**Mulch* de polietileno (M), Composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C). Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis para as variáveis seguidas de ^x. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey para as variáveis seguidas de ^y.

A população de inicial de BT, em ambos os experimentos foi de 67,33 x 10⁴ UFCs g⁻¹ (Tabela 5). No experimento I, aos 20 DAI, as maiores populações de BT foram nos tratamentos H+M (139,25 x 10⁴ UFCs g⁻¹) e H+M+CA (134,40 x 10⁴ UFCs g⁻¹), já as menores concentrações foram observadas nos tratamentos M (11,28 x 10⁴ UFCs g⁻¹) e M+CA (12,77 x 10⁴ UFCs g⁻¹), diferindo dos demais tratamentos. O comportamento se repetiu no experimento II (Tabela 5). Aos 80 DAI, o tratamento M+CA proporcionou a maior média de bactérias nos experimentos I e II, com populações de 189,32 x 10⁴ e 186,67 x 10⁴ UFCs g⁻¹ (Tabela 5). As menores concentrações de BT foram obtidas nos tratamentos controle e *Mulch*, sendo 7,42 x 10⁴ e 14,48 x 10⁴ UFCs g⁻¹ no experimento I e 7,48 x 10⁴ e 27,24 x 10⁴ UFCs g⁻¹ no experimento II, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Número de unidades formadoras de colônias (UFCs) de bactérias totais por grama de solo em diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFRS, 2021.

Tratamentos	Bactérias totais					
	Experimento I			Experimento II		
	Inicial	20 dias ^x	80 dias ^y	Inicial	20 dias ^y	80 dias ^x
	-----10 ⁴ do número de UFCs g ⁻¹ -----					
M*	67,33	11,28 e	14,48 d	67,33	11,06 f	27,24 d
C+M	67,33	86,07 bc	133,28 bc	67,33	87,22 bc	129,31 bc
H+M	67,33	139,25 a	125,78 bc	67,33	133,13 a	129,40 bc
N+M	67,33	77,82 cd	149,28 ab	67,33	74,26 cd	148,25 ab
M+CA	67,33	12,77 e	189,32 a	67,33	13,19 ef	186,67 a
C+M+CA	67,33	94,60 b	93,08 c	67,33	94,60 ab	95,91 cd
H+M+CA	67,33	134,40 a	137,47 b	67,33	132,33 a	141,20 ab
N+M+CA	67,33	83,39 c	137,93 b	67,33	79,98 c	133,25 b
CONTROLE	67,33	48,60 d	7,42 d	67,33	52,27 de	7,48 d

**Mulch* de polietileno (M), Composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C). Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis para as variáveis seguidas de ^x. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey para as variáveis seguidas de ^y.

A população inicial de BE foi de $13,13 \times 10^4$ UFCs g⁻¹ em ambos os experimentos (Tabela 6). No experimento I, aos 20 DAI, verificou-se as maiores populações de BE nos tratamentos H+M ($50,00 \times 10^4$ UFCs g⁻¹), N+M ($48,21 \times 10^4$ UFCs g⁻¹) e H+M+CA ($58,53 \times 10^4$ UFCs g⁻¹), que diferiram do controle ($3,29 \times 10^4$ UFCs g⁻¹), mas não diferiram entre si. Resultados semelhantes foram observados no experimento II (Tabela 6). Aos 80 DAI, N+M+CA; H+M+CA, N+M e H+M proporcionaram as maiores quantidades de bactérias, diferindo do controle, mas não diferiram entre si, repetindo o resultado no experimento II (Tabela 6).

Tabela 6. Número de unidades de formadoras de colônias (UFCs) de bactérias esporulantes por grama de solo em diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFRSA, 2021.

Bactérias esporulantes						
Tratamentos	Experimento I			Experimento II		
	Inicial	20 dias	80 dias	Inicial	20 dias	80 dias
-----10 ⁴ do número de UFCs g ⁻¹ -----						
M*	13,13	5,72 cd	6,76 cd	13,13	5,28 cd	6,98 cd
C+M	13,13	7,71 c	7,52 bcd	13,13	7,60 b	7,41 cd
H+M	13,13	50,00 ab	42,01 abc	13,13	50,93 a	50,03 a
N+M	13,13	48,21 ab	44,90 ab	13,13	49,25 a	46,33 a
M+CA	13,13	5,21 d	8,72 bc	13,13	5,07 cd	8,03 b
C+M+CA	13,13	7,53 c	6,97 cd	13,13	7,36 bc	7,19 cd
H+M+CA	13,13	58,53 a	53,20 ab	13,13	55,33 a	53,27 a
N+M+CA	13,13	44,73 b	59,00 a	13,13	46,27 a	51,70 a
CONTROLE	13,13	3,29 d	3,91 d	13,13	3,48 d	3,27 d

**Mulch* de polietileno (M), Composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C). Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis.

A concentração inicial de AC foi de $1,06 \times 10^2$ UFCs g⁻¹, em ambos os experimentos (Tabela 7). Aos 20 DAI, os tratamentos contendo material orgânico proporcionaram aumentos na quantidade de AC em ambos os experimentos, diferindo estatisticamente do controle (Tabela 7). No experimento I, aos 80 DAI, a maior concentração de AC foi observada em C+M+CA ($860,75 \times 10^2$ UFCs g⁻¹), diferindo dos demais (Tabela 7). No experimento II, o comportamento foi semelhante, porém o tratamento C+M+CA não diferiu do N+M+CA (Tabela 7).

Tabela 7. Número de unidades de formadoras de colônias (UFCs) de actinomicetos por grama de solo em diferentes tratamentos. Mossoró-RN, UFRSA, 2021.

Actinomicetos						
Tratamentos	Experimento I			Experimento II		
	Inicial	20 dias ^x	80 dias ^y	Inicial	20 dias ^x	80dias ^y
-----10 ² do número de UFCs g ⁻¹ -----						
M*	1,06	74,94 bc	76,55 de	1,06	73,60 cd	75,66 ef
C+M	1,06	664,00 a	566,50 c	1,06	641,00 a	595,00 d
H+M	1,06	515,83 ab	721,40 b	1,06	560,83 ab	760,75 bc
N+M	1,06	585,80 a	596,00 c	1,06	592,60 ab	596,07 d
M+CA	1,06	73,83 bc	153,90 d	1,06	89,47 bcd	132,38 e
C+M+CA	1,06	551,33 a	860,75 a	1,06	518,33 abc	832,50 a
H+M+CA	1,06	647,33 a	741,67 b	1,06	509,80 ab	706,67 c
N+M+CA	1,06	615,40 a	755,31 b	1,06	638,80 a	787,99 ab
CONTROLE	1,06	43,47 c	41,17 e	1,06	56,73 d	45,75 f

**Mulch* de polietileno (M), composto orgânico + *Mulch* (C+M), Húmus + *Mulch* (H+M), Nabo forrageiro + *Mulch* (N+M), Compost-Aid® + *Mulch* (CA+M), *Mulch* + Composto orgânico + Compost-Aid® (C+M+CA), *Mulch* + Húmus + Compost-Aid® (H+M+CA), *Mulch* + Nabo forrageiro + Compost-Aid® (N+M+CA), Controle (C). Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis para as variáveis seguidas de ^x. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey para as variáveis seguidas de ^y.

4 DISCUSSÃO

Os tratamentos com *mulch* proporcionaram as maiores temperaturas em relação ao tratamento controle, durante o período em que o *mulch* permaneceu fechado, confirmando a eficiência do aquecimento do solo quando se aplica *mulch* de polietileno. O aumento na temperatura do solo pode atuar diretamente no desenvolvimento dos microrganismos, uma vez que todos os microrganismos apresentam temperatura máxima para crescimento e varia de acordo com o microrganismo.

A associação da incorporação de materiais orgânicos com a utilização do *mulch* de polietileno e aplicação de produto à base de microrganismos Compost-Aid[®] reduziu a quantidade de fungos no solo, com destaque para o tratamento *mulch* associado ao nabo. O nabo, quando se decompõe no solo, apresenta propriedades fungitóxicas, as quais afetam diretamente a multiplicação e desenvolvimento de fungos (YIM et al., 2016). Muitos compostos químicos, como glucosinolatos, ácidos orgânicos, aldeídos e composto de enxofre, incluindo isotiocianatos, são liberados com a decomposição de brássicas (SANTOS et al., 2020; NEUBAUER et al., 2014). Flavonoides e outros compostos fenólicos também foram relatados como estando presentes em tecidos de brássicas (CARTEA et al., 2011). Além disso, eles possuem atividade antifúngica (WESTON; MATHESIUS, 2013). Desta forma, a utilização desse material ao solo tende a reduzir a população de FT neste ambiente.

Yim et al. (2017) também observaram redução na população de FT de vários gêneros, como Pleosporales, Tetracладиun e Sordariomycetes em solo tratado com Nabo (*Raphanus sativus* L.), em plena floração, incorporado na dose de 30 kg ha⁻¹.

Os tratamentos com húmus e Compost-Aid[®] favoreceram o aumento da população de BT no solo, embora não tenha sido constatada diferença estatística entre o tratamento *mulch* e o controle, mas nos demais tratamentos nos quais se associou o *mulch* com outras técnicas (incorporação de nabo e húmus e composto orgânico) a diferença foi mais pronunciada. O *mulch* de polietileno permite reduzir a evaporação da água no solo, mantendo a umidade (ASSIS et al., 2017), conseqüentemente favorecendo o desenvolvimento de bactérias. Além disso, o húmus é rico em ácido húmico, tem alta disponibilidade de nutrientes, altamente eficiente no crescimento bacteriano (ZHAO et al., 2020; MAJI et al., 2016). Zhao et al. (2020), quando estudaram o efeito de vermicomposto, esterco de aves e fertilizantes em solo, observaram que o vermicomposto aumentou a população de bactérias e actinomicetos, ao passo que a população de FT diminuiu, devido à capacidade do vermicomposto melhorar as funções microbianas do solo e possuir ácidos carboxílicos e compostos fenólicos. Przemieniecki et al. (2021) também

relataram que a adição de vermicomposto ao solo gera maior capacidade de retenção de água, favorecendo a multiplicação microbiana.

O Compost-aid[®] também favoreceu o crescimento bacteriano porque tem em sua composição enzimas e bactérias, tais como *Lactobacillus*, *Bacillus* e *Enterococcus*, que atuam no processo de decomposição da matéria orgânica de forma totalmente natural, convertendo materiais orgânicos em um composto estável com baixa relação C/N, tendo efeitos nutricionais e melhorando a flora microbiana do solo.

As maiores populações de BE foram encontradas nos tratamentos nos quais foram incorporados húmus e o nabo associado ao *mulch* e adição do Compost-aid[®]. O aumento se deve às bactérias presentes no produto biológico, como as do gênero *Bacillus*. Esta associação com o húmus acelerou o processo de compostagem e promoveu a multiplicação bacteriana, visto que o material orgânico serviu como fonte de alimento para os microrganismos.

Os tratamentos contendo material orgânico proporcionaram aumentos na quantidade de actinomicetos. Os materiais decompostos liberaram nutrientes no solo que favoreceram o desenvolvimento destes microrganismos. Estudos realizados por Yim et al. (2017) também evidenciaram que em solos com adição de nabo ocorreu aumento na população de actinomicetos. Este aumento se deve ao fato de os actinomicetos serem capazes de degradar os compostos fenólicos presentes nos tecidos das brássicas.

6 CONCLUSÃO

A incorporação ao solo de nabo (*Raphanus sativu* L.) reduziu as comunidades fúngicas. O tratamento *Mulch* + Compost-Aid[®] proporcionou a maior quantidade de bactérias totais. A incorporação de nabo e húmus proporcionou aumento significativo nas populações de bactérias esporulantes. Os tratamentos com incorporação de material orgânico proporcionaram aumento na população de actinomicetos, com destaque para Composto orgânico+ *Mulch* + Compost-Aid[®]

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI. **Brazilian Horti & Fruit Yearbook**. Editora Gazeta, 108 p., 2021. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2021>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- ASSIS, G. A; et al. Mulchingem cafeeiros:tecnologia reduz custos advindos do manejo com plantas daninhas. **Revista Plasticultura**, v. 11, n. 57, p. 20-21, 2017.
- BETTIOL, W. **Isolamento seletivo de *Bacillus***. Embrapa Meio Ambiente (ALICE), 2007.
- BONANOMI, G.; et al. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 2 p. 136-144, 2010.
- CARIDE, C; PINEIRO, G; PARUELO, J. M. How does agricultural management modify ecosystem services in the argentine Pampas. The effects on soil C dynamic. **Agriculture, ecosystems environment**, v. 154, p. 23-33, 2012.
- CARTEA, M. E. et al. Phenolic compounds in Brassica vegetables. **Molecules**, v. 16, p. 251-280, 2011.
- CUNHA, J. L. X. L. et al. Comunidade microbiana do solo cultivado com pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional associado ao manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 32, p. 543-554, 2014.
- LIMA JÚNIOR, J. A; LOPES, P. R. A. Avaliação da cobertura do solo e métodos de irrigação na produção de melancia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 315-321, 2009.
- MAJI, D.; MISRA, P.; SINGH, S.; KALRA, A. Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as roots nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. **Applied soil ecology**, n. 110, p. 97-108, 2017.
- MARTIN, J.P. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method forestimating soil fungi. **Soil Science**, Dordrecht, v. 69, n. 3, p. 215-232, 1950.
- NASCIMENTO, P. G. et al. Incidence of root rot of muskmelon in different soil management practices. **European Journal of Plant Pathology**, v. 152, p. 433-446, 2018.
- NASCIMENTO, S. R. C. et al. Sobrevivência de estrutura de resistência de *Macrophomina*

- phaseolina* e *Sclerotium rolfsii* em solo tratado biologicamente. **Revista AgroAmbiente Online**, v. 51, p. 50-56, 2016.
- NEUBAUER, C; HEITMANN, B; MULLER, C. Biofumigation potential of Brassicaceae cultivars to *Verticillium dahliae*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 140, p. 341-352, 2014.
- PRZEMIENIECKI, S. W. et al. An evaluation of selected chemical, biochemical, and biological parameters of soil enriched with vermicompost. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 8117-8127, 2021.
- R CORE TEAM. 2020. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 20 jan. 2022.
- SANTOS, C. A. D; ABOUD, A. C. D. S; CARMO, M. G. F. D. Biofumigation with species of the Brassicaceae family: a review. **Ciência Rural**, v. 51, 2020.
- TORTORA, G. J.; CASE, C. L.; FUNKE, B. R. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2016.
- TURBÉ, A. et al. **Biodiversidade do solo: funções, ameaças e ferramentas para formuladores de políticas**, 2010.
- VISCONTI, A. et al. Métodos alternativos para o controle de fitopatógenos habitantes do solo: Parte II–Controle biológico. **Agropecuária Catarinense**, v. 30, p. 33-36, 2017.
- WESTON, L. A; MATHESIUS, U. Flavonoids: their structure, biosynthesis and role in the rhizosphere, including allelopathy. **Journal of Chemical Ecology**, v. 39, p. 283-297, 2013.
- YIM, B. et al. Effects of biofumigation using *Brassica juncea* and *Raphanus sativus* in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. **Plant and Soil**, v. 40, p.-408, 2016.
- YIM, B. et al. Effects of soil pre-treatment with Basamid[®] granules, *Brassica juncea*, *Raphanus sativus*, and *Tagetes patula* on bacterial and fungal communities at two apple replant disease sites. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p. 1604, 2017.
- ZHAO, F; et al. Vermicompost improves microbial functions of soil with continuous tomato cropping in a greenhouse. **Journal of Soils and Sediments**, v. 20, p. 380-391, 2020.