

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO *CAMPUS* PETROLINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL PARA O SEMIÁRIDO

PATRICIA BARBOSA DA SILVA

MICORRIZA ARBUSCULAR EM AGROECOSSISTEMAS DE MELOEIRO NO
SEMIÁRIDO

PETROLINA - PE

2019

PATRICIA BARBOSA DA SILVA

**MICORRIZA ARBUSCULAR EM AGROECOSSISTEMAS DE MELOEIRO NO
SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido da Universidade de Pernambuco *Campus* Petrolina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido.

Orientadora: Dra. Regina Lúcia Félix de Aguiar Lima
Coorientadora: Dra. Vanderlise Giongo

**Petrolina - PE
2019**

S586m Silva, Patrícia Barbosa da.
Micorriza arbuscular em agroecossistemas de meloeiro no semiárido /
Patrícia Barbosa da Silva. – Petrolina: do autor, 2019.
71 f. : il. ; 30 cm.

Orientadoras: Prof^ª. Dra. Regina Lúcia Félix de Aguiar Lima e Prof^ª.
Dra. Vanderlise Giongo.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia Ambiental para o Semiárido, Universidade de Pernambuco,
Campus Petrolina, Petrolina-PE, 2019.

1. *Cucumis melo* L. 2. Coquetel vegetal. 3. Fenologia. 4. Adubação
orgânica. 5. FMA (Fungo Micorriza Arbuscular). I. Lima, Regina Lúcia
Félix de Aguiar. II. Giongo, Vanderlise. III. Universidade de Pernambuco
- Campus Petrolina - PPGCTAS. IV. Título.

CDD 631.52

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Eliane Batista de Carvalho, CRB 4/2011,
Universidade de Pernambuco – Campus Petrolina.

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL PARA O SEMIÁRIDO

Patrícia Barbosa da Silva

Micorriza arbuscular em agroecossistemas de meloeiro no semiárido

Regina Lúcia Félix de Aguiar Lima

Dra. Regina Lúcia Félix de Aguiar Lima

Maryluce Albuquerque da Silva Campos

Dra. Maryluce Albuquerque da Silva Campos



Dr. Fabio Freire de Oliveira

A minha amada e inesquecível avó, Júlia (*in memoriam*), por ter me ensinado a enxergar o valor e a beleza das coisas simples através das suas histórias que contava todas as noites para me fazer dormir, e por me ensinar que não se deve deixar de acreditar nos nossos sonhos.

Agradecimentos

A Deus, por iluminar sempre o meu caminho e direcionar meus passos rumo à realização de tudo que me proponho fazer.

À minha orientadora, Regina de Aguiar Lima, por todos os ensinamentos, principalmente, pela sua paciência, dedicação, carinho, e pelos exemplos de determinação e coragem.

À Mônica Santana, minha amiga, por todo apoio, incentivo e carinho que sempre tem comigo.

Aos meus pais, Luís e Gelza, aos meus irmãos, João Paulo e Geovana, a minha cunhada, Aline, e aos meus sobrinhos, Ana Vitória, João Vitor e Ana Júlia, pelo apoio e carinho.

À Vanessa Coelho, pela ajuda nas coletas das raízes.

Às meninas do laboratório de Micologia da UPE, Amélia de Macedo, Geysa Carvalho, Maria Eduarda e Virgínia, pela amizade.

Ao Cauê Coelho, pela ajuda com o processo de clareamento das inúmeras raízes.

À Dra. Vanderlise Giongo, pelas orientações e apoio.

À Dra. Diana Signor, pelo apoio e contribuição.

Aos Doutores Davi José da Silva e Maryluce Albuquerque, pelas correções e sugestões.

À Universidade de Pernambuco (UPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido (PPGCTAS), pela formação profissional.

Aos professores do PPGCTAS, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

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

À Embrapa Semiárido, pela infraestrutura cedida para a realização desse trabalho.

Aos funcionários da Embrapa Semiárido, Genival, Luís e Severino, pelo apoio.

Aos colegas do mestrado, Juliana Quixaba, Laíla, Leudiane, Marizete, Surane, Thaynara, Welton, em especial, Cledson, Vanessa Meyla e Virgínia, pelos laços de amizade que se formaram durante o mestrado e que serão levados para a vida. A Juliana Ribeiro, pela sua amizade e compreensão, por todo carinho e apoio que me deu em todos os momentos que precisei.

“A importância dos infinitamente pequenos é infinitamente grande”.

(Louis Pasteur)

RESUMO

SILVA, Patrícia Barbosa. **Micorriza arbuscular em agroecossistemas de meloeiro no semiárido**. 2019. 71p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido) – Universidade de Pernambuco/UPE, Petrolina, PE, 2019.

O melão é uma das principais frutas de exportação da região Nordeste do Brasil. O manejo dessa cultura no semiárido irrigado geralmente inclui o desmatamento da caatinga para implantação do cultivo, o uso de maquinário agrícola para o preparo do solo e aplicação de fertilizantes minerais e defensivos agrícolas. Essas práticas podem afetar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A adoção de práticas conservacionistas como a adubação verde e o plantio direto são alternativas que podem ser adotadas para reduzir impactos negativos das práticas tradicionais de cultivo, pois favorecem a biota e o aumento da matéria orgânica no solo. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são componentes da biota do solo capazes de estabelecer relação simbiótica com plantas nativas ou cultivadas e promover aumento na absorção de água e nutrientes. Objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de longo prazo da adubação verde e do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto, sobre o grau de colonização micorrízica do meloeiro e densidade de esporos de FMA entre dois ciclos de cultivo, com intervalo de cinco anos entre eles; bem como conhecer o efeito da adubação verde e do sistema de cultivo sobre a dinâmica da colonização micorrízica durante as fases fenológicas do meloeiro. Para avaliar o efeito em longo prazo do cultivo de adubação verde e do preparo do solo sobre a colonização micorrízica no cultivo do meloeiro, foi realizado experimento de longa duração, com início em 2012, com delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas compreendendo 3 tipos de adubação verde com misturas de plantas (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas; 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas; vegetação espontânea) e 2 sistemas de manejos do solo (fitomassa aplicada por deposição sem revolvimento, ou por incorporação com revolvimento do solo), em 4 repetições. Para conhecer o efeito de longo prazo da adubação verde e sistema de cultivo foi avaliada a colonização micorrízica total, vesicular e arbuscular do meloeiro em amostras de raízes coletadas ao final do ciclo

de cultivo do melão, em 2012 e 2017 e a densidade de esporos de FMA em amostras de solo rizosférico. Para conhecer a relação entre da colonização micorrízica e fenologia do meloeiro foi avaliada a colonização micorrízica de raízes de meloeiro coletadas semanalmente durante o ciclo de cultivo de 2017. Em longo prazo, a adubação verde com coquetéis vegetais e plantas espontâneas produziu efeito semelhante sobre a colonização micorrízica do meloeiro e a densidade de esporos dentro de cada sistema de manejo. A densidade de esporos de FMAs no solo rizosférico se manteve em torno de 56 no sistema de plantio direto e diminuiu para 31 no sistema convencional. Houve diminuição no grau de colonização micorrízica do meloeiro correlacionado com o aumento do teor de fósforo no solo. Durante um ciclo de cultivo, a colonização micorrízica total e arbuscular apresentaram variações relacionadas aos diferentes estádios fenológicos do meloeiro: com valores crescentes no período juvenil, decrescente no vegetativo, crescente na frutificação e decrescente na maturação. A colonização vesicular foi baixa nos estádios juvenil, vegetativo e de frutificação e aumentou na maturação. Os diferentes tipos de adubação verde não produziram diferenças sobre colonização micorrízica. Contudo, no sistema de plantio direto apresentou maiores médias que o sistema convencional.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L., coquetel vegetal, fenologia, adubação orgânica, FMA

ABSTRACT

Melon is one of the main export fruits of the Northeast region of Brazil. The management of this crop in the irrigated semiarid usually includes the deforestation of the caatinga for implantation of the crop, the use of agricultural machinery for the preparation of the soil and the application of mineral fertilizers and agricultural defenses. These practices can affect the physical, chemical and biological properties of the soil. The adoption of conservation practices such as green manuring and no-tillage are alternatives that can be adopted to reduce negative impacts of traditional cultivation practices, as they favor biota and increase of organic matter in the soil. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are components of soil biota capable of establishing a symbiotic relationship with native or cultivated plants and promote an increase in the absorption of water and nutrients. The objective of this study was to evaluate the long-term effect of the green manuring and the conventional or no-tillage system on the degree of mycorrhizal colonization of the melon and density of AMF spores between two crop cycles, with a range of five years between them; as well as to know the effect of green manuring and cultivation system on the dynamics of mycorrhizal colonization during the phenological stages of melon. In order to evaluate the long-term effect of the green manure crop and soil preparation on mycorrhizal colonization in the melon cultivation, a long-term experiment was carried out, beginning in 2012, with a randomized complete block design in subdivided plots comprising 3 types (75% legumes + 25% grasses and oilseeds, 25% legumes + 75% grasses and oleaginous, spontaneous vegetation) and 2 systems of soil management (phytomass applied by deposition without stirring, or by incorporation with soil) in 4 replicates. In order to know the long-term effect of the green manuring and cultivation system, the total mycorrhizal, vesicular and arbuscular colonization of the melon were evaluated in roots samples collected at the end of the melon cultivation cycle in 2012 and 2017 and the spore density of FMA in rhizospheric soil samples. To determine the relationship between mycorrhizal colonization and melon phenology, the mycorrhizal colonization of melon roots collected weekly during the cultivation cycle of 2017 was evaluated. In the long term, green manuring with vegetable cocktails and spontaneous plants produced a similar effect on the mycorrhizal colonization of the melon and the spore density within each management

system. The spore density of AMF in the rhizospheric soil remained around 56 in the no-tillage system and decreased to 31 in the conventional system. There was a decrease in the degree of mycorrhizal colonization of the melon correlated with the increase of soil phosphorus content. During a crop cycle, the total and arbuscular mycorrhizal colonization presented variations related to the different phenological phases of the melon: increasing values in the juvenile phase, decreasing in the vegetative, increasing in fruiting and decreasing in maturation. Vesicular colonization was low in the juvenile, vegetative and fruiting phase and increased in maturation. The different types of green manuring did not produce differences on mycorrhizal colonization. However, in the no-tillage system presented higher averages than the conventional system.

Key-words: *Cucumis melo* L, plat cocktail, phenology, organic fertilization, AMF

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1:	Correlação entre teor de fósforo disponível no solo (mg dm^{-3}) e grau de colonização micorrízica ($p < 0,05\%$).....	48
Figura 5.1:	Colonização micorrízica total em diferentes estádios fenológicos de meloeiro sob cultivo em sistema de plantio direto ou convencional.....	60
Figura 5.2:	Colonização micorrízica total em diferentes estádios fenológicos de meloeiro sob cultivo em sistema de plantio direto ou convencional.....	61
Figura 5.3:	Colonização micorrízica total de meloeiro em plantio direto versus plantio convencional.....	62
Figura 5.4:	Colonização vesicular em diferentes estádios fenológicos de meloeiro sob cultivo em sistema de plantio direto ou convencional.....	63
Figura 5.5:	Colonização arbuscular em diferentes estádios fenológicos de meloeiro sob cultivo em sistema de plantio direto ou convencional.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1:	Valores médios anuais dos dados meteorológicos da Estação Experimental Bebedouro no período do experimento.....	38
Tabela 4.2:	Caracterização física e química do solo Argissolo da área de implantação do experimento e de caatinga de referência.....	39
Tabela 4.3:	Quantidade de sementes usadas para composição do coquetel vegetal 1 (75% leguminosas e 25% não leguminosas) e coquetel vegetal 2 (75% leguminosas e 25% não leguminosas).....	40
Tabela 4.4:	Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e teor de fósforo na caatinga de referência e na área do experimento antes da implantação e ao final do primeiro ciclo de cultivo das plantas para adubação verde.....	43
Tabela 4.5:	Densidade de esporos de FMAs no solo com cultivo de meloeiro em longo prazo, sob irrigação no semiárido, com diferentes sistemas de cultivos e tipos de adubo verde.....	44
Tabela 4.6:	Grau de colonização micorrízica de meloeiro por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em experimento irrigado no semiárido, com diferentes sistemas de cultivos e tipos de adubo verde.....	46
Tabela 5.1	Quantidade de sementes usadas na composição das misturas de plantas de cobertura do solo	57
Tabela 5.2	Dinâmica da colonização micorrízica durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de meloeiro cultivado no semiárido irrigado.....	65
Tabela 5.3	Efeito do manejo do solo sobre a colonização micorrízica durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de meloeiro cultivado no semiárido irrigado.....	66

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	15
3. REVISAO DA LITERATURA.....	16
3.1. MICORRIZAS ARBUSCULARES.....	16
3.1.1. Fungos micorrízicos arbusculares e fósforo do solo.....	18
3.1.2. Potencial das micorrizas arbusculares nas áreas agrícolas de regiões semiáridas.....	20
3.1.3. Micorriza arbuscular e adubação verde.....	21
3.2. SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA COM FERTILIZAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA.....	22
3.3. SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA COM PLANTIO DIRETO OU CONVENCIONAL.....	25
3.4. CULTURA DO MELÃO NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO.....	27
REFERÊNCIAS.....	29
4. ARTIGO 1: MICORRIZA ARBUSCULAR NO CULTIVO DE MELOEIRO, NO SEMIÁRIDO, COM ADUBAÇÃO VERDE SOB PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL.....	35
5. ARTIGO 2: FENOLOGIA DO MELOEIRO E COLONIZAÇÃO POR FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM AGROECOSSISTEMA NO SEMIÁRIDO.....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura irrigada no Vale do Submédio São Francisco tem grande importância econômica e social no contexto do semiárido. Dentre as frutas cultivadas se destaca o melão (*Cucumis melo* L.), pois a maior parte da produção brasileira (96%) se concentra no Nordeste, nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco (IBGE, 2017; ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017). Esses estados estão situados no semiárido, onde a produtividade das plantas é limitada pela baixa fertilidade do solo e escassez das chuvas, sendo comum a prática de agricultura irrigada nessa região (MERGULHÃO et al., 2014; SAMPAIO et al., 2009).

O melão na região é geralmente cultivado como monocultura, com práticas de manejo que incluem o uso de maquinário agrícola, irrigação, aplicação de fertilizantes inorgânicos e defensivos agrícolas (MOURA et al., 2011). Essas práticas podem ter como consequências a compactação do solo, a perda da diversidade microbiana e de nutrientes. Além disso, os fertilizantes inorgânicos e defensivos aplicados podem produzir contaminação ambiental, com potenciais prejuízos para a saúde humana (LIMA et al., 2013).

Práticas de manejo conservacionistas, tais como plantio direto e uso de adubação verde podem ser adotadas trazendo benefícios, imediatos ou de longo prazo, na diminuição de custos com insumos agrícolas, redução dos impactos negativos ocasionados pelas técnicas tradicionais de cultivo, aumento da matéria orgânica no solo e favorecimento da comunidade microbiana do solo como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (GIONGO et al., 2011; WAGG et al., 2011; BARROS, 2015).

Os FMAs são componentes da microbiota do solo importantes para a nutrição das plantas, ciclagem de nutrientes e estrutura dos solos, podendo ser utilizados como ferramenta biotecnológica em ambientes agrários para o favorecimento da produtividade e para a manutenção da qualidade do solo. Eles estão presentes nos ecossistemas terrestres, em uma simbiose denominada micorriza arbuscular, na qual as plantas fornecem fotossintatos aos FMA em troca de um sistema mais efetivo na obtenção de água e nutrientes, principalmente o fósforo (LIMA et al., 2013).

As práticas de manejo adotadas nos ambientes agrícolas, especialmente no semiárido, podem afetar os FMA de forma diversas. Considera-se que as práticas conservacionistas como o uso de adubação verde e plantio direto possam, em longo prazo, aumentar a infectividade micorrízica do solo em ambientes agrícolas pelo aumento da quantidade de propágulos infectivos (LIMA et al., 2013), e conseqüentemente, contribuir para a capacidade produtiva do solo.

Diante disso, os objetivos nesse estudo avaliar o efeito da adubação verde e do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto, sobre a associação micorrízica no cultivo irrigado do meloeiro no semiárido em duas condições temporais.

2 OBJETIVOS

Geral

Avaliar o efeito da adubação verde e do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto, sobre a associação micorrízica no cultivo irrigado do meloeiro no semiárido em duas condições temporais.

Específicos

- Avaliar o efeito de longo prazo da adubação verde e do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto, sobre o grau de colonização micorrízica do meloeiro entre dois ciclos de cultivo, com intervalo de cinco anos entre eles.
- Quantificar esporos de FMAs no solo da rizosfera de meloeiro sob efeito de adubação verde e de sistema de cultivo convencional ou plantio direto em dois ciclos de cultivo, com intervalo de cinco anos entre eles.
- Acompanhar semanalmente o grau de colonização das raízes do meloeiro sob efeito de adubação verde e do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto, durante um ciclo de cultivo.
- Avaliar a relação entre teor de fósforo no solo e grau de colonização micorrízica do meloeiro cultivado no semiárido manejado com adubação verde e revolvimento ou não do solo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 MICORRIZAS ARBUSCULARES

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são encontrados ocorrendo naturalmente associados à maioria das espécies vegetais, nos ecossistemas terrestres, sejam eles naturais ou agrícolas (FARIAS et al., 2014; PELLEGRINO et al., 2015).

A taxonomia desses fungos está em processo de estabelecimento, pois tem passado por várias modificações no decorrer dos últimos anos (SAGGIN JÚNIOR; SILVA, 2005; BLASZKOWSKI, 2012). Atualmente, esses fungos são pertencentes ao subfilo Glomeromycotina, incluído no filo Mucoromycota (SPATAFORA, 2016).

A associação micorrízica arbuscular (MA) se estabelece quando os FMAs colonizam o sistema radicular da planta, a qual resulta de uma sequência de eventos controlada pelo fungo e pela planta e suas interações, caracterizada por integração morfológica, bioquímica e funcional entre os simbiontes (LIMA et al., 2013; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006a).

O estabelecimento da associação simbiótica se dá quando hifas infectivas, formadas a partir da germinação de esporos ou de micélio fúngico ligado a raízes colonizadas, formam apressório na superfície da raiz, o qual penetra na raiz e cresce entre ou dentro das células do córtex radicular, formando o micélio intrarradicular. Esse micélio se espalha pelo solo, sendo denominado micélio extrarradicular, onde atua na absorção de água e nutrientes juntamente com as raízes das plantas. Dentro das raízes, as hifas podem formar pelotões ou se diferenciar em arbúsculos e vesículas. Os arbúsculos são hifas com ramificações dicotômicas, formados no interior das células do córtex radicular, que funcionam como principal sítio de troca entre FMAs e plantas. Já as vesículas são estruturas geralmente globosas, que funcionam como estrutura de armazenamento de nutrientes para os FMAs. A formação de esporos, isoladamente ou em esporocarpo, se dá geralmente no solo a partir do micélio extrarradicular. Contudo há espécies, como *Glomus intraradices*, em que a formação de esporos acontece dentro das raízes, a partir do micélio intrarradicular (SAGGIN JÚNIOR; SILVA, 2005; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006a; SMITH; READ, 2008).

A simbiose estabelecida entre os FMAs e as plantas tem como base a capacidade que esses fungos têm para desenvolver uma rede de hifas externas (micélio extrarradicular) capazes de ampliar a área superficial e o volume explorável do solo para a absorção de água e nutrientes (ROUPHAEL et al., 2015). Desse modo, os FMAs auxiliam no aumento da capacidade de estabelecimento, sobrevivência, desenvolvimento e perpetuação de plantas envolvidas na simbiose. Em troca, as plantas fornecem compostos fotossintéticos para os fungos, sendo essa uma relação ecológica que beneficia tanto a planta quanto o fungo (LIMA et al., 2013; SMITH; READ, 2008).

Os FMAs desempenham vários benefícios nos ecossistemas terrestres. Eles desenvolvem importante papel no ciclo do carbono através da sua influência sobre a produtividade primária e melhoria na absorção de nutrientes e água pelas plantas (BERBARA et al., 2006); estabilidade de agregados do solo (ANGELINI et al., 2012); e produção de proteínas do solo relacionadas a glomalina, uma glicoproteína de alta estabilidade produzidas pelas hifas, que está relacionada à agregação de partículas e ao estoque de carbono no solo (LIMA et al., 2013).

Os FMAs também têm sido utilizados na recuperação de ecossistemas e em programas de produção de mudas em viveiro ou por micropropagação. A utilização de FMA aumenta a capacidade de sobrevivência das plantas, confere maior tolerância aos patógenos radiculares, diminui o tempo de formação das mudas e de aclimatização das plantas direto no campo, se apresentando, assim, como uma alternativa na produção de mudas para serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas (ANZANELLO et al., 2011; MERGULHÃO et al., 2014; SOARES; CARNEIRO, 2010).

Além dos benefícios citados, os FMAs podem ser utilizados na agricultura como uma alternativa para reduzir o uso de insumos, pois eles contribuem para o aumento da zona de depleção de nutrientes da planta, favorecendo a absorção de nutrientes inorgânicos (LIMA et al., 2013), permitindo inclusive, que as plantas absorvam os nutrientes que estão presentes em baixa concentração ou aqueles com baixa mobilidade, como o P, por exemplo (VERZEAUX et al., 2017).

3.1.1 Micorrizas arbusculares e fósforo do solo

O fósforo (P) é um importante nutriente para o desenvolvimento das plantas. Apresenta geralmente baixa disponibilidade nos solos das regiões tropicais, pois são muito intemperizados e tem alta capacidade de fixação de P (ARRUDA et al., 2017; CARDOSO et al., 2010; RODRIGUES, 2016). Em relação aos solos da região semiárida do nordeste brasileiro, a maioria apresenta baixos teores de P disponível (SAMPAIO et al., 2009).

O P pode estar presente no solo como P-lábil e não lábil. A fração do P-lábil se refere à fração disponível para as plantas, enquanto que a fração do P-não lábil se refere a que se encontra fortemente adsorvida ou precipitada em compostos insolúveis, tornando-se indisponível (RODRIGUES, 2016). A baixa disponibilidade do P nos solos é a principal limitação para o crescimento das plantas (HU et al., 2015), sendo, portanto, necessária a aplicação de fertilizantes fosfatados para aumentar a produtividade das culturas agrícolas (RODRIGUES, 2016). A principal fonte de P para os seres vivos são as rochas fosfáticas, as quais constituem um recurso natural não renovável, e que por conta disso, precisa ter seu uso racionalizado, pois estima-se que as reservas de P se esgotarão entre os próximos 80 a 100 anos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006b).

Algumas práticas têm sido utilizadas para contornar o problema da baixa disponibilidade de P para as plantas, como por exemplo, a adubação orgânica, a qual inclui a adubação verde, que além do fornecimento de nutrientes promove melhoria nas condições físicas do solo e redução na fixação de P, aumentando a eficiência da utilização do P pelas plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006b). Outra alternativa que vem sendo bastante estudada e que apresenta potencial para otimizar a nutrição fosfatada das plantas é a utilização de FMAs para aumentar a absorção de P, visto que as hifas apresentam alta afinidade com o P, incrementam sua absorção e posterior transferência para as plantas (CRUZ et al., 2017). Sendo, portanto, a melhora da nutrição fosfatada das plantas reconhecida como um dos maiores benefícios proporcionado pelas micorrizas, pois elas contribuem na absorção de até 80% de P pela planta (CARDOSO et al., 2010).

A contribuição significativa dos FMAs para a nutrição e o crescimento das plantas, tem como resultado o aumento na produtividade de várias culturas de interesse

agronômico (YANG et al., 2010), o que foi comprovado por Pellegrino et al. (2015), a partir de revisão sistemática e meta-análise de 38 ensaios de campo na cultura do trigo e determinaram os efeitos da inoculação de FMAs e colonização micorrízica sobre a absorção de P, N e Zn, crescimento e produção de grãos. Foi constatado que a inoculação no campo com FMAs aumentou o rendimento de grãos, índice de colheita, teor de P na palha, concentração e conteúdo de P e N na biomassa acima do solo e concentração de Zn nos grãos de trigo.

Melo et al. (2017) verificaram que a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares das espécies *Claroideoglossum etunicatum* e *Acaulospora longula* incrementou o número de folhas e a área foliar de meloeiro, mesmo em condições de salinidade de até 0,88 dS/m, e teor de P > 10 mg dm⁻³ num estudo realizado em ambiente protegido no semiárido brasileiro.

A nutrição vegetal de P acontece pela absorção direta de P do solo pelo sistema radicular e indireta pelo micélio extrarradicular dos FMAs (VERZEAUX et al., 2017). O aumento na taxa de absorção do P propiciado pelos FMAs pode ser atribuído ao aumento do volume de solo explorado pelas hifas extrarradiculares do fungo; ao pequeno diâmetro da hifa, o que a permite explorar espaços do volume do solo inalcançáveis pela raiz; e à ação de enzimas fosfatases, que catalisam a liberação de P dos complexos orgânicos, permitindo sua absorção na forma iônica pelas plantas nas unidades arbusculares (BERBARA et al., 2006; SAGGIN JÚNIOR; SILVA, 2005; CARDOSO et al., 2010).

Com isso, os FMAs podem se apresentar como biofertilizadores e bioestimulantes ambientalmente amigáveis, pois reduzem a necessidade de fertilizantes de origem mineral e pesticidas, podendo ser empregados em sistemas sustentáveis de produção de alimentos (TURRINI et al., 2017).

3.1.2 Micorrizas arbusculares nas áreas agrícolas de regiões semiáridas

Os FMAs podem ser utilizados como ferramenta biotecnológica nos ambientes agrícolas, especialmente nas regiões áridas e semiáridas, onde a produtividade das plantas é limitada devido à baixa fertilidade do solo e disponibilidade de água (LIMA et al., 2013; MERGULHÃO et al., 2014), sendo que a maioria das culturas tropicais formam

micorrizas arbusculares, seja em maior ou menor grau de micotrofismo, com algumas espécies altamente micotróficas (CARDOSO et al.,2010).

Trabalhos realizados no semiárido nordestino mostram efeitos positivos em relação a inoculação de FMA em condições de déficit hídrico no meloeiro (MELO et al., 2017) e de estresse salino (LÚCIO et al., 2013).

Os FMAs se apresentam como uma ferramenta para utilização nos processos de produção vegetal, podendo contribuir para aumentar a produção de madeira, fibras e alimentos, e redução nos custos financeiros e os impactos dos sistemas modernos de produção sobre o meio ambiente (SOUZA et al., 2006). Porém, mesmo com os benefícios potenciais da simbiose micorrízica, o papel dos FMAs tem sido marginalizado na agricultura (TURRINI et al., 2017).

Algumas práticas agronômicas como manutenção de monoculturas em longo prazo, uso intensivo e excessivo de fertilizantes e de pesticidas podem afetar negativamente a ocorrência, a atividade e a diversidade de FMA, acarretando uma redução dos benefícios dos FMAs para a produção agrícola e qualidade do solo, sendo importante a adoção de práticas de manejo que favoreçam os FMAs e sua atividade nos sistemas de produção agrícola (ROUPHAEL et al.,2015; TURRINI et al., 2017).

As recomendações de manejo dos sistemas de produção vegetal relacionadas aos FMAs visam o aumento de sua população no solo, esse aumento pode ser pela inoculação do solo com propágulos de FMAs nas áreas de cultivo ou pelo estímulo da multiplicação da população nativa pela adoção de práticas de manejo conservacionistas. No entanto, a inoculação do solo tem limitação imposta pela dificuldade de produção de inoculantes em escala comercial, devido ao caráter biotrófico obrigatório dos FMAs, que precisam de hospedeiros vegetais vivos para completar seu ciclo de vida (LIMA et al., 2013; SOUZA et al., 2006).

Com relação às práticas de manejos conservacionistas em áreas agrícolas, que podem contribuir para favorecer a população de FMAs e seus benefícios, estão os sistemas que incluem rotação de culturas, plantio direto e plantas de cobertura, adubação orgânica e policulturas (ROUPHAEL et al., 2015).

3.1.3 Micorriza arbuscular e adubação verde

As plantas de cobertura associadas aos FMAs podem influenciar nas associações de cultivos subsequentes, bem como auxiliar nas práticas de cultivos, potencializar a atividade microbiana e as relações biológicas, favorecendo assim, a utilização racional dos nutrientes presentes no solo (REIS et al., 2012).

Diante disso, faz-se necessário o aprimoramento do conhecimento sobre as interações complexas que ocorrem dentro da comunidade dos FMAs em relação ao reconhecimento e à colonização de determinadas plantas hospedeiras, a fim de implementar novas estratégias que sejam eficientes na gestão agrícola para melhorar ou aumentar a produtividade das plantas usando o mínimo de insumos (VERZEAUX et al., 2017). Isso pode ser alcançado através da adoção de práticas de manejo sustentável como a utilização de adubos verdes isolados ou os coquetéis (misturas) nos diversos sistemas de produção, os quais além de contribuir para o aumento da diversidade e eficiência de FMA, também favorecem o aumento da biodiversidade de outros organismos que irão refletir no aumento da população de inimigos naturais das pragas, reduzindo assim, a pressão de pragas ou doenças sobre as culturas, melhora os atributos do solo e o índice de infiltração de água (CALEGARI, 2014).

Estudos têm sido realizados comparando a eficiência de diferentes tipos de cobertura do solo, os quais mostram que a utilização de plantas de cobertura desempenha resultados positivos em relação ao desenvolvimento das plantas, produção e qualidade dos frutos do meloeiro, além da redução de custos (SILVA, 2015; SILVA et al., 2016; BRAGA et al., 2017).

Santander e Olive (2012) constataram que as plantas inoculadas com micorrizas apresentaram maior desenvolvimento radicular que plantas não inoculadas, menor índice de estiolação e maior disponibilidade de nitrato nas folhas, chegando a conclusão de que a associação simbiótica entre as raízes das plantas de melão e as espécies de micorrizas *Glomus intraradices* produziu maior biomassa radicular e condições muito favoráveis ao transplantio.

Lúcio et al. (2013), também verificaram em um estudo realizado com meloeiro inoculado com FMA sob estresse salino, que a associação simbiótica entre FMA e meloeiro proporcionou aumento nos totais extraídos de N, P e K⁺, principalmente nos

níveis baixos e médios de salinidade e redução na absorção dos íons potencialmente tóxicos como o Na^+ e Cl^- , sendo, portanto, o potencial da colonização micorrízica, uma alternativa para a proteção do cultivo de plantas sob estresse salino em regiões áridas e semiáridas, tendo em vista que o processo de salinização é um fator crescente nessas regiões devido as próprias formações geológicas e as práticas da agricultura irrigada (PEDROTTI et al., 2015).

Portanto, tendo em vista que a maior parte das regiões de cultivo do melão no Brasil se localiza no Nordeste, onde há escassez de recursos hídricos e baixa fertilidade do solo, o uso de plantas de cobertura do solo para aplicação como adubo verde associadas aos FMAs, seria uma prática relevante, pois além de diminuir custos com capinas (herbicidas), também permite obter alta produtividade, produtos de qualidade e economia de água, devido ao aumento da eficiência do uso da água (BRAGA et al., 2017).

3.2 MANEJO AGRÍCOLA COM FERTILIZAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA

A adubação é uma das principais tecnologias utilizadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade das culturas, sendo a adubação mineral e a orgânica, os principais tipos utilizados (MEDEIROS, 2014).

A adubação mineral é composta por produtos de origem mineral. Os fertilizantes de origem mineral aplicados no solo proporcionam produtividade elevada e imediata das culturas (MEDEIROS, 2014), porém aplicações intensivas desses fertilizantes podem comprometer a qualidade nutricional dos alimentos, levar à perda da capacidade produtiva dos solos, à proliferação de pragas e doenças, além do aumento nos custos de produção (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997). Já a adubação orgânica, é composta por materiais orgânicos provenientes de matérias-primas de origem animal ou vegetal oriundas de áreas rurais, urbanas ou industriais, e podem proporcionar além do fornecimento de nutrientes, também benefícios ao solo relativos a aspectos físicos, químicos e biológicos (SOUZA; ALCÂNTARA, 2008).

Na região semiárida, a adubação orgânica é praticada com o uso de esterco animal e adubos verdes. Essas práticas são eficientes em favorecer a fertilidade do solo, além disso, apresentam baixo custo para os produtores rurais (LIMA et al., 2013).

As principais práticas de manejo conservacionistas que podem ser utilizadas buscando a sustentabilidade dos sistemas de cultivo são uso de plantas de cobertura, sistema de plantio direto, adubação orgânica com diferentes tipos, tais como plantas cultivadas para uso como adubação verde, restos de cultura ou de poda, esterco, resíduos sólidos urbanos, cobertura vegetal (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

A adubação verde é uma prática de manejo que se caracteriza pelo cultivo e aplicação da biomassa de plantas em sistemas de rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico. Os adubos verdes se apresentam como uma alternativa para complementação da fertilização do solo que pode diminuir problemas ambientais ocasionados pelos sistemas convencionais de cultivo. Além disso, os adubos verdes aplicados ao solo, em diferentes sistemas de cultivo, podem melhorar as características físico-químicas e biológicas do solo em médio e longo prazo, bem como promover benefícios ambientais pela diminuição do uso de fertilizantes sintéticos (BARROS, 2015).

As plantas utilizadas na adubação verde são preferencialmente leguminosas, isso porque elas podem formar associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, com isso apresentam maior teor de N que as gramíneas. Além disso apresentaram também maiores teores de fósforo, potássio e cálcio que podem ser disponibilizados posteriormente para a cultura principal (SILVA, 2015).

Apesar da preferência por leguminosas, as espécies de gramíneas também são utilizadas como plantas de cobertura, pois são eficientes em aumentar e manter a estabilidade dos agregados do solo em relação as leguminosas. Isso se deve ao fato de as gramíneas apresentarem um sistema radicular fasciculado que se renova regularmente. Já as leguminosas possuem sistema radicular pivotante, o que ajuda na extração dos nutrientes das camadas mais profundas (LOSS et al., 2015; SANTANA et al., 2012). Nesse caso, tem-se a importância do plantio em consórcio de plantas para serem utilizadas como adubo verde.

A adubação verde pode ser empregada na forma de coquetel vegetal, o qual é composto por um grupo de diferentes espécies vegetais como leguminosas, gramíneas e oleaginosas que são cultivadas antes da cultura principal ou intercaladas (GIONGO et al., 2016). Os coquetéis vegetais no manejo de áreas de produção agrícola trazem benefícios como a diminuição na taxa de evaporação e aumenta os teores de matéria

orgânica do solo, contribuindo para a produtividade e fertilidade do solo (BRITO et al., 2017).

Os adubos verdes do tipo coquetéis vegetais podem ser aplicados por incorporação ao solo ou por deposição na superfície do solo (BARROS, 2015; SILVA, 2015), essas formas de aplicação vão ter resultados diferentes. No caso da aplicação por incorporação, a fitomassa passa pelo processo de decomposição e mineralização rápida, proporcionando efeitos positivos na fertilidade e no condicionamento do solo para as culturas sucessoras (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008). Já a deposição superficial dos adubos verdes aliados ao não revolvimento do solo, além dos benefícios de fertilidade, protege o solo contra a erosão, favorece o acúmulo de matéria orgânica e a atividade microbiana do solo (ANGELINI et al., 2012).

Giongo et al. (2012) afirmam que é comum nas áreas irrigadas do Vale do São Francisco a prática de roçar as plantas espontâneas entre fileiras dos pomares de manga, e deixá-las sobre o solo ou incorporá-las por meio do revolvimento do solo através de gradagem e aração. Além disso, também é comum, deixar os restos dos galhos podados após-colheitas entre as linhas, em pomares livres de problemas fitossanitários. Essa prática de uso de restos de vegetação espontânea ou de poda pode proteger o solo dos riscos de salinização, evitando a ascensão dos sais no perfil do solo.

Portanto, percebe-se que a adubação verde, na forma de coquetel vegetal, e suas formas de aplicação, é uma alternativa tecnológica para o manejo do solo nas áreas de cultivo (GIONGO et al., 2012).

3.3 MANEJO AGRÍCOLA COM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO OU CONVENCIONAL

Nos sistemas de produção agrícolas são adotadas práticas de manejos visando a produção das lavouras, tais como o plantio convencional e o plantio direto (BARROS, 2015).

O sistema de preparo convencional do solo para o plantio se caracteriza pelo revolvimento excessivo do solo (LOSS et al., 2015), e inclui técnicas de manejo tradicionais como o desmatamento de áreas nativas ou queimadas para limpeza do terreno, aração, gradagem e roçagem da vegetação espontânea (BARROS, 2015). Essas práticas podem trazer consequências danosas para o solo, pois a remoção da cobertura

vegetal causa a exposição do solo à ação direta do clima (SALLES et al., 2016), acarretando o aumento da temperatura, redução da umidade do solo, e aumento dos processos de erosão. Além disso, o uso contínuo das máquinas agrícolas leva à compactação do solo e modificação de sua estrutura, alterando assim, sua capacidade de absorção e retenção de água e nutrientes (BARROS, 2015).

O sistema de plantio convencional pode acelerar a decomposição da matéria orgânica, romper os agregados e reduzir sua estabilidade nas camadas manejadas, além de provocar o aumento da densidade do solo e a resistência à penetração em sua superfície (SALLES et al., 2016). O solo quando submetido à intensa atividade de cultivo, ocasiona impacto sobre os processos físicos, químicos e biológicos, e a redução desses danos pode ser alcançada utilizando-se o sistema plantio direto (SALLES et al., 2016; LOSS et al., 2015).

O sistema de plantio direto ou de semeadura direta na palha, é uma prática que visa recuperar os componentes físicos, químicos e biológicos do solo afetados pelas técnicas tradicionais de manejo para o cultivo (ANGELINI et al., 2012; BARROS, 2015).

O sistema de plantio direto pode ser considerado como uma das tecnologias mais adequadas para a produção agrícola nas áreas das regiões tropicais (PECHE FILHO, 2005), pois contribui para o favorecimento dos processos bioquímicos do solo resultantes da atividade microbiana, o qual tem efeitos sobre as propriedades físicas e químicas do solo, refletindo assim, sobre o desenvolvimento das plantas, produtividade agrícola e melhoria na qualidade do ambiente (ANGELINI et al., 2012).

Segundo Peche Filho (2005), os princípios do plantio direto consistem no não revolvimento do solo, no uso permanente de plantas de cobertura (morta ou viva) e na rotação de culturas, e pode ser usado para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos (ANGELINI et al., 2012). Nesse sistema, sementes ou mudas são plantadas diretamente no solo não revolvido, usando-se implementos manuais, máquinas especiais ou adaptadas (PECHE FILHO, 2005).

O cultivo utilizando coberturas vegetais e plantio direto tem sido utilizado devido aos benefícios que oferecem aos agroecossistemas como acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, reciclagem de nutrientes e aporte de nitrogênio (N) por meio da fixação biológica em leguminosas (REIS et al., 2012).

O plantio direto proporciona aumento na eficiência de uso da água, devido a maior infiltração da água no solo e pelo menor escoamento superficial e evaporação, observando-se redução na necessidade de irrigação de até 20%. O plantio direto também atua no controle dos efeitos da temperatura do solo, amenizando a temperatura nas horas mais quentes do dia, com redução de até 9 °C na palhada em superfície do solo (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

O uso de algumas espécies utilizadas na formação da cobertura morta para o plantio direto pode dispensar ou reduzir a quantidade de herbicidas necessária para o controle das plantas espontâneas, pois elas liberam no solo substâncias com capacidade de suprimir o desenvolvimento delas (MARTINS et al., 2016). Além do mais, o uso dos sistemas apropriados de rotação e de sucessão de culturas contribui para a estabilidade da produtividade de grãos, devido ao rompimento do ciclo de pragas e de doenças pela redução da infestação das plantas espontâneas (CARVALHO et al., 2015). Outra vantagem é a diminuição dos processos de erosão pelo amortecimento do impacto das gotas da chuva e dos efeitos das enxurradas.

A fitomassa vegetal adicionada ao solo de áreas de cultivo incrementa a atividade biológica, pelo aumento no número de espécimes e da quantidade de espécies, refletindo no equilíbrio natural que diminui a possibilidade de haver predominância de fitopatógenos (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997). Dentre os componentes da comunidade biológica do solo que também são favorecidos pelo sistema de plantio direto, estão os FMAs.

Portanto, considerando que exercem papel importante nos ecossistemas, proporcionando as plantas aumento da absorção de água e nutrientes e proteção contra estresses bióticos e abióticos, esse efeito do plantio direto é desejável em sistemas agrícolas (ANGELINI et al., 2012).

3.4 CULTURA DO MELÃO NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

A fruticultura irrigada no Submédio do Vale do São Francisco integra uma das atividades econômicas mais importantes da região Nordeste do Brasil. Ela teve início na década de 1980, com a implantação dos perímetros de irrigação executados pela

Companhia de Desenvolvimento dos Vales São Francisco e Parnaíba (CODEVASF) (ORTEGA; SOBEL, 2010).

A região Nordeste responde por 27% da produção nacional de frutas, das quais se destacam os cultivos de manga, uva, goiaba e melão (VIDAL; XIMENES, 2016). O melão (*Cucumis melo* L.) pertence à família *Cucurbitaceae*, tem origem no Oriente Médio e possui variedades cultivadas nos solos de todas as regiões semiáridas do mundo (JESUS et al., 2012).

O plantio nacional de melão em 2017 foi de 20 mil hectares e a produção de 500 mil toneladas. A região Nordeste é responsável por cerca de 96% do total produzido no país. Os maiores produtores são o Rio Grande do Norte e o Ceará, com produção de 250 mil e 200 mil toneladas respectivamente, sendo esses estados responsáveis por 90% da produção brasileira de melão (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017; IBGE, 2017), seguidos da Bahia e Pernambuco, no vale do Submédio do São Francisco. O polo Petrolina/Juazeiro em 2017 produziu cerca de 88,7 mil toneladas. O cultivo do melão nessa região é realizado principalmente por pequenos produtores, e os frutos produzidos são destinados ao mercado interno (IBGE, 2017; COSTA et al., 2017).

A produção do melão na região Nordeste se destaca devido às características climáticas como altas temperaturas associadas à luminosidade elevada durante o ano e à umidade relativa entre 65% e 75%, ideal para a cultura, resultando em alta produtividade, baixa incidência de doenças e frutos com atributos desejáveis relativos ao teor de açúcares, aroma, sabor e consistência (VIDAL; XIMENES, 2016; SILVA, 2015; COSTA, 2008). O cultivo do meloeiro nessa região pode ser feito durante a maior parte do ano, evita-se o período de chuvas que ocorre de dezembro a abril, pois há redução da produtividade (COSTA et al., 2017). O melão amarelo do grupo *inodorus* é o mais cultivado, pois essa variedade apresenta plantas vigorosas, alta produtividade e atributos desejáveis para a exportação e conservação pós-colheita (SILVA, 2015).

O cultivo do melão é realizado muitas das vezes, de modo intensivo com adição constante de água e fertilizantes, sem adoção de rotação de culturas. O manejo para implantação da cultura do melão inclui inicialmente o desmatamento da vegetação nativa, seguida do uso de maquinário agrícola para a preparação da área. Essas práticas expõem o solo e produzem danos ao solo, como compactação, perda de nutrientes,

redução da matéria orgânica e modificações na comunidade biológica (JESUS et al., 2012; SANTANA; LIMA; GIONGO, 2013).

Diante disso, Nascimento (2018) afirma que na produção de melão deve-se adotar métodos de cultivo que proporcionem condições favoráveis de desenvolvimento e que maximizem a produção e a qualidade dos frutos, evitando a degradação ambiental e da cultura. Nesse caso, os FMAs, o uso de adubação verde e o sistema de plantio direto são práticas que podem ser adotadas na produção de melão na região Nordeste (SILVA, 2015; BRAGA et al., 2017).

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. **Embrapa Hortaliças**. Circular Técnica, 2008.
- ANGELINI, R. G. A.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; TORRES, J. L. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 115-130, 2012.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2017. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2017. 88 p.
- ANZANELLO, R.; SOUZA, P. D.; CASAMALI, B. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em porta-enxertos micropropagados de videira. **Bragantia**, v. 70, p. 409–415, 2011.
- ARRUDA, J. A.; ESTRELA, J. W. M.; FREIRE, J. L. O.; SANTOS, S. J. A. Fósforo remanescente em solos do Seridó paraibano. **Revista Principia**, v. 1, p. 42-49, 2017.
- BARROS, V. D. S. **Pegada de carbono do melão produzido em sistemas convencional ou conservacionista**. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró - RN, 2015.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. **Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 74-85, 2006.
- BŁASZKOWSKI, J. **Glomeromycota**. Kraków: W. Szafer Institute of Botany Polish Academy of Sciences, 2012. 304 p.
- BRAGA, M. B.; MAROUELLI, W. A.; RESENDE, G. M.; MOURA, M. S. B.; COSTA, N. D.; CALGARO, M.; CORREIA, J. S. Coberturas do solo e uso de manta agrotêxtil (TNT) no cultivo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 147–153, 2017.
- BRITO, M. I. C. YURI, J. E.; COSTA, N. D.; GONÇALVES, M.; SILVA, V. C.; GIONGO, V. Teores de N, P e sólidos solúveis de frutos de melão cultivados sob diferentes coquetéis vegetais. **Anais da XII Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido**, p. 147, 2017.
- CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 2014. p. 19–36.

- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARETTA, C. R. D. M.; PAULA, A. M. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S. M. (Org.). **Micorriza: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras, MG: UFLA, 2010. p.153-214.
- CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 551–561, 2015.
- COSTA, N. D. **A cultura do melão**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2008. 191 p.
- COSTA, N. D.; YURI, J. E. GIONGO, V.; ANGELOTTI, F. Sistema convencional de produção de melão no Submédio do Vale do São Francisco. In: FIGUEIRÊDO, M. C. B.; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. (Org.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília, DF: Embrapa, 2017, p. 34-45.
- CRUZ, E. C.; SOBREIRA, A. C.; BARROS, D. L.; GOMIDE, P. H. O. Doses de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e produção do feijão-caupi em Roraima. **Bol. Mus. Int. de Roraima**. v 11, p. 21-28. 2017.
- ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável. **Embrapa Agrobiologia - Documentos**, 42, 1997.
- FARIAS, D. H.; PINTO, M. A. B.; CARRA, B.; SCHUCH, M. W.; SUZA, P. V. D. Desenvolvimento de mudas de mirtilheiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 655–663, 2014.
- GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, p. 611–618, 2011.
- GIONGO, V.; MENDES, A. S.; SILVA, D. J.; CUNHA, T. J. F.; BRANDÃO, S. S. Sistemas de Culturas Intercalares e Manejo de Solo Alterando as Características Químicas de Argissolo Cultivado com Mangueiras. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO**, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió.
- GIONGO, V.; SALVIANO, A. M.; SANTANA, M. S.; COSTA, N. D.; YURI, J. R. Soil management systems for sustainable melon cropping in the submedian of the São Francisco valley. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 537–547, 2016.

HU, J.; YANG, A.; ZHU, A. WANG, J. DAI, J.; WONG M. H. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity, root colonization, and soil alkaline phosphatase activity in response to maize-wheat rotation and no-tillage in North China. **Microbiology**, v. 53 p. 454–461, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agrário 2017**. Disponível em: <<https://censoagro2017.ibge.gov.br/>>. Acesso 8 out. 2018.

JESUS, T. S.; GIONGO, V.; MENDES, A. S.; COSTA, N. D.; SILVA, D. J.; SANTANA, M. S. Acúmulo de macronutrientes em coquetéis vegetais com potencial para uso em rotação com a cultura do melão no Semiárido. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola: **Anais**. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

LIMA, C. E. P. L.; SANTANA, A. S.; MERGULHÃO, A. C. E. S.; LIMA, R. L. F. A. Micorriza Arbuscular: alternativa para uso na agricultura sustentável. In: **Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável**. Recife: Ipa/Emater/Seagri- AL, p. 113–132, 2013.

LOSS, A.; BASSO, A. OLIVEIRA, B. S.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1212-1224, 2015.

LÚCIO, W. S.; LACERDA, C. F.; FILHO, P. F. M.; HERNANDEZ, F. F. F.; NEVES, A. L. R.; FILHO, E. G. Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 1587–1602, 2013.

MARTINS, D.; GONÇALVES, C. G.; SILVA JUNIOR, A. C. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 649–657, 2016.

MEDEIROS, G. K. C. Q. **Estudo comparativo da influência da adubação química e orgânica nos parâmetros químicos do solo de cultivo das hortaliças jambu (*Acmella oleracea* L.R.K. Jansen) e coentro (*Coriandrum sativum* L)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2014.

MELO, J. M. M.; MARINHO, L. B.; VARGENS, F. N.; SOUSA FILHO, J. R.; DEON, M. D.; MELO, A. M. Y. Crescimento de meloeiro submetido ao estresse hídrico com e sem micorrização no Vale do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 11, p. 1261 – 1270, 2017.

MERGULHÃO, A. C. E. S.; SILVA, M. V.; LYRA, M. C. C. P.; FIGUEREDO, M. V. B.; SILVA, M. L. R. B.; MAIA, L. C. Caracterização morfológica e molecular de fungos micorrízicos arbusculares isolados de áreas de mineração de gesso. **Hoehnea**, v. 41, p. 393–400, 2014.

MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas. In: **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras, UFLA, 2006a, p. 553-657.

MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J.O. Transformações bioquímicas e ciclo de nutrientes no solo. In: **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras, UFLA, 2006b, p. 313-401.

MOURA, M. C. F.; OLIVEIRA, L. C. S.; SILVA, S. G. A. A cultura do melão: uma abordagem acerca da cadeia produtiva no agropolo Mossoró – Assú/RN. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, p. 1068–1084, 2011.

NASCIMENTO, C. S. **Relação N:K para os estádios fenológicos do meloeiro cultivado em hidroponia**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2018.

ORTEGA, A. C.; SOBEL, T. F. Desenvolvimento Territorial e Perímetros Irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos Perímetros Irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e Políticas públicas**, v. 2, p. 88–118, 2010.

PECHE FILHO, A. Mecanização do Sistema Plantio Direto. **O Agrônomo**, v. 57, p. 17-18, 2005.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causas e conseqüências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, p. 1308–1324, 2015.

PELLEGRINO, E.; OPIK, M.; BONARI, E.; ERCOLI, L. Responses of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi: a meta-analysis of field studies from 1975 to 2013. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 84, p. 210-217, 2015.

REIS, R. J.A.; CAMPOS, S. D. A.; MARTINS, G. S. DE L.; JESUS, E. L.; BASTIANI, M. L. R.; CAMPOS, A. N. D. R. Efeitos de plantas de cobertura nas associações do milho (*Zea mays* L.) com fungos benéficos do solo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, p. 75–80, 2012.

RODRIGUES, G. I. **Métodos de extração de fósforo e micronutrientes em latossolos com uso de energia ultrassônica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia- MG, 2016.

ROUPHAEL, Y.; FRANKEN, P.; SCHNEIDER, C.; SCHWARZ, D.; GIOVANNETTI, M.; AGNOLUCCI, M.; PASCALE, S. BONINI, P.; COLLA, G. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 91–108, 2015.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M.R. Micorriza arbuscular: papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R.L. (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. cap. 5. p. 101-149.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 429-438, 2016.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SALCEDO, I. H.; MENEZES, R. S. C. **Agricultura sustentável no semiárido nordestino**. Recife, Universitária, UFPE, 2009. 152 p.

SANTANA, M. S.; GIONGO, V. MENDES, A. M. S.; COSTA, N. D.; JESUS, T. S. Fitomassa seca e teor de nitrogênio total em coquetéis vegetais utilizados no cultivo de melão no Semiárido pernambucano. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. **Anais**. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

SANTANA, S. M.; LIMA, R. L. F.; GIONGO, V. Efeito de diferentes tipos de cobertura do solo sobre propágulos de fungos micorrízicos arbusculares. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Florianópolis. 2013. 4 p.

SANTANDER, C.; OLAVE, J. Effect of symbiosis in the production of melon seedlings with arbuscular mycorrhizal fungi. **Idesia**, v. 30, p. 75–83, 2012.

SILVA, L. T. **Produção de melão no semiárido brasileiro: fator de emissão de óxido nitroso (N₂O) e qualidade pós-colheita**. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) Tecnologia Pós- Colheita. Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró - RN, 2015.

SILVA, L. T.; SILVA, E. O.; FIGUEIRÊDO, M. C. B.; CORRÊA, L. C.; ARAGÃO, F. A. S. Pós-colheita do melão amarelo “goldex” cultivado sob adubação verde e plantio direto com diferentes coberturas. **Revista Irriga**, v. 21, p. 764–778, 2016.

SMITH, S.E., READ, D.J. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, Cambridge, 2008.

SOARES, C. R. S.; CARNEIRO, M. A. C. Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S. M. (Org.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 441-467.

SOUZA, R. B.; ALCÂNTARA, F. A. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2008.

SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 612–618, 2006.

SPATAFORA, J.W.; CHANG, Y.; BENNY, G.L.; LAZARUS, K.; SMITH, M.E.; BERBEE, M.L.; CORRADI, N.; GRIGORIEV, I.; GRYGANSKYI, A.; JAMES, T.Y.; O'DONNELL, K.; ROBERSON, R.W.; TAYLOR, T.N.; UEHLING, J.; VILGALYS, R.; WHITE, M.M.; STAJICH, J.E. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. *Mycologia*, v. 5, p. 1028–1046, 2016.

TURRINI, A.; AGNOLUCCI, M.; PALLA, M.; TOMÉ, E.; TAGLIAVINI, M.; SCANDELLARI, F.; GIOVANNETTI, M. Species diversity and community composition of native arbuscular mycorrhizal fungi in apple roots are affected by site and orchard management. **Applied Soil Ecology**, v. 116, p. 42–54, 2017.

VERZEAUX, J.; HIRELL, B.; DUBOIS, F.; LEA, P. J.; TÉU, T. Agricultural practices to improve nitrogen use efficiency through the use of arbuscular mycorrhizae: Basic and agronomic aspects. **Plant Science**, v. 264, p. 48–56, 2017.

VIDAL, M. F.; XIMENES, L. J. F. Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. **Caderno Setorial ETENE**, v. 1, p. 18–26, 2016.

WAGG, C.; JANSA, J.; SCHMID, B.; VAN DER HEIDJEN, M. G. A. Belowground biodiversity effects of plant symbionts support aboveground productivity. **Ecology Letters**, v.14, p.1001–1009, 2011.

YANG, F. Y.; LI, G. Z.; ZHANG, D. E.; CHRISTIE, P.; LI, X. L.; GAI, J. P. Geographical and plant genotype effects on the formation of arbuscular mycorrhiza in *Avena sativa* and *Avena nuda* at different soil depths. **Biology and Fertility of Soils**, v.46, p. 435–443, 2010.

4 MICORRIZA ARBUSCULAR NO CULTIVO DE MELOEIRO, NO SEMIÁRIDO, COM ADUBAÇÃO VERDE SOB PLANTIO DIRETO OU CONVENCIONAL

Resumo

O cultivo de meloeiro em áreas irrigadas do Submédio do Vale do São Francisco inclui geralmente sistema convencional e uso de fertilizantes minerais. Esses manejos podem afetar os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), componentes da comunidade microbiana do solo que contribuem para a nutrição vegetal. Com objetivo de avaliar na cultura do meloeiro no semiárido o efeito da adubação verde e do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto, sobre a colonização micorrízica e a densidade de esporos de FMA nativos do solo, foram analisadas amostras de raiz de meloeiro e solo rizosférico coletadas em 2012 e 2017 em experimento de longa duração. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 3 tipos de adubação verde (coquetel vegetal 1, coquetel vegetal 2, vegetação espontânea), 2 sistemas de cultivo (convencional e plantio direto) e 4 repetições. A adubação verde e os sistemas de cultivo tiveram efeito semelhante sobre a colonização micorrízica do meloeiro, dentro de cada ano avaliado (ANOVA, $p < 0,05$). Contudo, em longo prazo colonização micorrízica diminuiu sob efeito do teor de fósforo no solo, que se correlacionou negativamente com o grau de colonização. A densidade de esporos foi maior no sistema de plantio direto dentro de cada ano, mas diminuiu em longo prazo no plantio convencional nos tratamentos com coquetel vegetal 1 e com vegetação espontânea ($p < 0,05$).

Palavras-chave: *Cucumis melo* L., coquetel vegetal, adubação orgânica, revolvimento do solo, fósforo

Arbuscular mycorrhiza in the cultivation of melon in the semiarid with green manure under no-tillage or conventional tillage

Abstract

The cultivation of melon in irrigated areas of the Submedia of the São Francisco Valley generally includes conventional tillage and use of mineral fertilizers. These treatments may affect arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), components of the soil microbial community that contribute to plant nutrition. To aim evaluate the effect of green manure and conventional or no-tillage system on

density of AMF spore and mycorrhizal colonization by indigenous semiarid AMF. Were analysed root and soil samples, collected in 2012 and 2017, in long-term experiment. The experimental design was a randomized block design, with 3 mix plant for green manure (plant cocktail 1, plant cocktail 2, spontaneous plants), 2 cultivation systems (no-tillage, conventional tillage) and 4 replicates. Green manure and cultivation systems had a similar effect on the mycorrhizal colonization of the melon, within each year evaluated (ANOVA, $p < 0.05$). However, in the long term there was a decrease in mycorrhizal colonization under the effect of soil phosphorus content, which correlated negatively with the degree of colonization. The spore density was higher in the no-tillage system within each year; in the long term there was a decrease in density in treatments with plant cocktail 1 and with spontaneous plants (ANOVA, $p < 0.05$).

Key-words: *Cucumis melo* L, plat cocktail, organic fertilization, soil revolving, phosphorus

INTRODUÇÃO

A fruticultura irrigada, no Vale do Submédio do São Francisco, tem grande importância econômica para o Nordeste do Brasil. Esta região responde por 27% da produção nacional de frutas, dentre as quais se destaca o melão (*Cucumis melo* L.), uma das principais frutas de exportação do país (Vidal & Ximenes, 2016).

A área cultivada com melão em 2017 no Brasil foi cerca de 20 mil hectares, com produção de 500 mil toneladas (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2017). Esse cultivo se concentra no Nordeste, nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco, representando 96% da produção nacional (IBGE, 2017). Esses estados estão inseridos no semiárido, onde a produtividade das plantas é limitada pela escassez das chuvas e baixa fertilidade do solo, especialmente P extraível. Nesse contexto, a produção de melão é favorecida pela irrigação e uso de adubação mineral, que viabiliza a atividade agrícola e o desenvolvimento do semiárido (Sá & Silva 2010; Sampaio et al., 2009).

Além de irrigação e adubação mineral, o cultivo de meloeiro no semiárido inclui práticas como o uso de maquinário e defensivos agrícolas (Moura et al., 2011). Essas práticas adotadas favorecem a produção, mas podem ter consequências negativas como a compactação do solo, perda da diversidade microbiana e dos nutrientes (Lima et al., 2013). Visando a sustentabilidade dos

sistemas de produção, podem ser adotadas práticas alternativas de manejo como o uso de adubação verde e plantio direto com potencial de contribuir para mitigação dos problemas ocasionados, podendo trazer benefícios imediatos ou de longo prazo (Barros, 2015).

Sistemas de produção conservacionistas, como adubação verde e o plantio direto, podem trazer benefícios para os sistemas de produção, pela diminuição da quantidade de insumos agrícolas necessários, aumento na matéria orgânica do solo e diversificação e aumento na população da comunidade microbiana do solo. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são microrganismos do solo, com ocorrência natural estando associados ao sistema radicular da maioria das espécies de plantas, seja em ecossistemas naturais ou agrícolas (Giongo et al., 2011; Lima et al., 2013), promovendo aumento na absorção de água e nutrientes do solo, principalmente do Fósforo (Lima et al., 2013). Além desses benefícios, a associação micorrízica participa da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas e da manutenção/recuperação da estrutura dos solos (Angelini et al., 2012).

Sistemas de produção convencionais adotados em ambientes agrícolas podem diminuir a abundância de FMA no solo e sua associação com as plantas cultivadas, especialmente no semiárido pelas limitações hídricas e de fertilidade do solo (Gottshall et al., 2017).

Considera-se que a adoção de práticas conservacionistas no semiárido possam, em longo prazo, aumentar a atividade dos FMA nativos do solo, favorecendo a infectividade e a colonização micorrízica em ambientes agrícolas, pelo aumento da quantidade de propágulos infectivos, do estabelecimento e funcionamento das micorrizas arbusculares, e assim, contribuir para a manutenção da capacidade produtiva do solo (Lima et al., 2013). Assim, o objetivo nesse estudo foi avaliar o efeito do cultivo em sistema convencional ou plantio direto e da adubação com coquetéis vegetais ou plantas espontâneas na caatinga sobre as micorrizas arbusculares na cultura do meloeiro no semiárido.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo faz parte de um experimento de longa duração realizado no semiárido com o cultivo de meloeiro sob plantio direto (sem revolvimento do solo) ou convencional (com revolvimento do solo) com adição de adubação verde com diferentes misturas de plantas.

O primeiro ciclo de cultivo desse experimento foi em 2012, tendo sido repetido a cada ano subsequente. O estudo apresentado inclui análises das amostras coletadas nos anos 2012 e 2017.

O ciclo anual do experimento consistiu de: 1) cultivo de misturas de plantas para adubação verde no primeiro semestre do ano; 2) crescimento das misturas de plantas por 70 dias; 3) aplicação da fitomassa ao solo, feita por deposição superficial ou por incorporação com revolvimento; 4) cultivo de melão, feito após período de 15 dias da aplicação da fitomassa, no segundo semestre do ano.

O experimento não incluiu inoculação do solo com esporos de FMA, o estudo feito com base na atividade dos FMA nativos presentes no solo. Avaliações prévias na área do experimento mostraram densidade média de esporos igual a 23,7 em 50 g de solo (Tabela 4.4).

Área do experimento: caracterização e histórico de uso

O experimento de longa duração com cultivo de meloeiro foi instalado em 2012 na Estação Experimental Bebedouro (9°08' S, 40°8' W) da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plúntico, textura média/argilosa, em área de relevo plano. O clima local é do tipo BSwh, semiárido muito quente, segundo a classificação de Köppen. No período do experimento, a temperatura média foi igual a 26,2 °C, a umidade relativa média foi 56,4%, a precipitação média foi 208,2 mm e a evaporação média foi 1.943,5 mm (Tabela 4.1).

Tabela 4.1: Valores médios anuais dos dados meteorológicos da Estação Experimental Bebedouro no período do experimento

Ano	Temperatura (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Umidade relativa (%)	Precipitação mm	Evaporação mm
2012	26,7	33,2	20,7	52,9	93,0	2.044,0
2013	26,1	32,4	20,7	55,4	270,0	1.934,5
2014	24,4	30,1	19,5	57,9	192,0	1.715,5
2015	26,5	32,9	21,1	54,9	268,0	1.934,5
2016	26,7	33,7	20,9	55,7	303,0	1.898,0
2017	27,1	33,5	21,5	61,9	123,0	2.080,5

Fonte: Estação Agrometeorológica do Bebedouro -Embrapa Semiárido, 2018.

A área do experimento tinha cobertura vegetal original do tipo caatinga hiperxerófila, tendo sido substituída no final da década de 80 por cultivo de tamareiras, o qual foi mantido por 20 anos. Em 2007, as tamareiras foram retiradas para cultivo de feijão, seguido de pousio por cerca de 3 anos. Em 2011, a área foi preparada para implantação do experimento de cultivo de meloeiro, pela delimitação de 4 blocos, cada bloco contendo 2 parcelas com área de 30×10 m e subparcelas de 10×10 m.

Em 2011, antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo na área para caracterização física e química do solo (Donagema, 2011) e avaliação da densidade de esporos de FMA (Tabelas 4.2 e 4.4). As amostras foram coletadas em 5 pontos de um transecto, com distância de 10 metros entre elas. Além disso, coletou-se amostras de solo em área referência de caatinga preservada próxima à área do experimento de cultivo de meloeiro, em cinco pontos amostrais, submetidos a análise para caracterização do solo em relação aos aspectos físicos, químicos e da densidade de esporos de FMA nativos.

Tabela 4.2: Caracterização física e química do Argissolo da área de implantação do experimento e de caatinga de referência

Áreas	Areia	Silte	Argila	pH	CE	P	SB	CTC	V
		g/kg		H ₂ O	dS/m	mg/dm ³	cmolc/dm ³	%	
Experimento	831,8	155,6	12,7	5,9	0,74	47,3	2,9	5,1	58
Caatinga	-	-	-	5,6	0,42	2,9	3,4	4,8	71

pH, potencial hidrogeniônico; CE, condutividade elétrica; P, fósforo; SB, soma de bases; CTC, capacidade de troca catiônica; V, volume.

Fonte: autoria própria.

Adubação verde: composição, cultivo e aplicação

A adubação verde foi cultivada no primeiro semestre de cada ano na área delimitada e consistiu da aplicação de fitomassa de plantas de ocorrência espontânea ou de coquetéis vegetais.

A vegetação espontânea para uso como adubo verde foi produzida a partir de plantas que cresceram naturalmente nas subparcelas, no período de cultivo dos coquetéis vegetais. As plantas mais frequentes no tratamento com vegetação espontânea foram das espécies *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC., *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb., *Digitaria bicornis* (Lam.) Roem. Schult., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Commelina difusa* Burm. f., *Acanthospermum hispidum* DC., *Euphorbia chamaeclada* Ule, *Waltheria rotundifolia* Schrank, *Waltheria sp.* L., *Tridax procumbens* L., *Ipomoea mauritiana* Jacq., *Ipomoea bahiensis* Willd. Ex. Roem. Schult. e *Amaranthus deflexus* L.

Os coquetéis vegetais foram constituídos por 14 espécies de leguminosas e não-leguminosas (gramíneas e oleaginosas) em proporções definidas. No coquetel vegetal 1 a proporção de leguminosas e não leguminosas foi de 75% + 25%, enquanto no coquetel 2 essa proporção foi de 25% + 75%.

As plantas para adubação verde na forma de coquetéis vegetais foram semeadas nas subparcelas em fileiras, distantes 0,5 m entre si. Para garantir a uniformidade de germinação das sementes,

inicialmente foram semeadas as de maior tamanho, e, posteriormente, as de menor tamanho. O estabelecimento dos coquetéis nas proporções planejadas foi feito utilizando-se diferentes quantidades de sementes (Tabela 4.3). A irrigação nas parcelas no período de crescimento das plantas foi feita por gotejamento, com vazão de 4,0 L h⁻¹, em intervalos de dois dias.

Tabela 4.3: Quantidade de sementes usadas para composição do coquetel vegetal 1 (75% leguminosas + 25% não leguminosas) e coquetel vegetal 2 (75% leguminosas + 25% não leguminosas)

Grupos de Plantas		Coquetel vegetal 1	Coquetel vegetal 2
Nome científico (nome comum) família botânica		kg de sementes ha⁻¹	
Oleaginosas			
<i>Helianthus annuus</i> L.(Girassol)	Asteraceae	3,1	9,3
<i>Ricinus communis</i> L (Mamona)	Euphorbiaceae	30,0	90,0
<i>Sesamum indicum</i> L.(Gergelim)	Pedaliaceae	1,0	3,0
Gramíneas			
<i>Zea mays</i> L.(Milho)	Poaceae	15,0	45,0
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke (Milheto)	Poaceae	1,0	3,0
<i>Sorghum vulgare</i> Pers. (Sorgo)	Poaceae	2,5	7,5
Leguminosas			
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	Fabaceae	5,2	1,7
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Fabaceae	13,5	4,5
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. (Feijão de porco)	Fabaceae	187,5	62,5
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv. (Calopogônio)	Fabaceae	3,7	1,2
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy (Mucuna Preta)	Fabaceae	101,2	33,7
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp. (Feijão guandu)	Fabaceae	12,7	4,2
<i>Dolichos lablab</i> L. (Lab-lab)	Fabaceae	60,0	20,0
<i>Mucuna cochinchinensis</i> (Lour.) A. Chev. (Mucuna Cinza)	Fabaceae	101,2	33,7

Fonte: autoria própria.

As misturas de plantas para adubação verde, dos coquetéis e espontâneas, foram mantidas nas parcelas por 70 dias, período que coincidia com o estágio de floração da maioria das espécies. Ao final desse período se fez o corte e aplicação da parte aérea das plantas ao solo por sistema convencional ou plantio direto. No sistema convencional, o processo de corte já inclui o revolvimento do solo, pois é feito com gradagem de disco (0,4 m de profundidade) e a fitomassa já vai sendo incorporada ao solo. No sistema de cultivo por plantio direto, não houve revolvimento do solo, e o corte foi feito com roçadeira manual a 5 cm da superfície do solo e a fitomassa da parte aérea depositada sobre o solo.

O cultivo de melão foi realizado após 15 dias da aplicação da fitomassa ao solo, nas subparcelas contendo diferentes composições de adubo verde, aplicados com ou sem revolvimento do solo.

Em 2012, ao final do primeiro ciclo de cultivo das plantas para adubação verde foram coletadas amostras de solo, na camada de 0-10 cm, para avaliação da densidade de esporos de FMA no solo (Tabela 4.4).

Cultivo de Meloeiro: desenho experimental e manejo

O experimento consistiu do cultivo de meloeiro conduzido sob dois sistemas de preparo do solo: plantio direto, sem revolvimento ou convencional, com revolvimento, combinados com três composições de adubo verde: coquetel vegetal 1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas), coquetel vegetal 2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas) e vegetação espontânea.

O delineamento experimental foi blocos casualizados com parcelas subdivididas, e quatro repetições. O fator de parcela foi o sistema de preparo do solo, e os tipos de adubo verde o fator de subparcela. As parcelas com área de 30 x 10 m, e subparcelas contíguas com área de 10 x 10 m. A distância entre os blocos foi igual a 4 metros e entre parcelas, 2 metros.

O plantio anual de meloeiro foi realizado no segundo semestre de cada ano, sempre feito quinze dias após a aplicação ao solo da fitomassa das plantas de cobertura.

Em 2012 foi cultivado melão amarelo (var. SF 10/00 f1), e em 2017, (cv. Gladial). As plântulas de meloeiro foram produzidas em casa de vegetação e transplantadas para o campo, em fileiras com espaçamento de 2,0 m entre elas e de 0,4 m entre plantas.

O experimento teve duração de 70 dias, tendo recebido irrigação e adubação mineral durante o cultivo. A irrigação foi feita por gotejamento, sendo igualitária entre os tratamentos. As lâminas de irrigação foram determinadas a partir da evapotranspiração da cultura durante o crescimento da planta (Allen et al., 1998). A adubação mineral foi aplicada via fertirrigação, segundo recomendações técnicas para a cultura, determinada pelo manual de Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco (IPA, 2008), foi feita com frequência de três vezes por semana durante o ciclo do meloeiro e parcelamento em 22 aplicações. Em 2012 as quantidades de fertilizantes aplicadas (por ha) no experimento foram: 120 kg de nitrogênio, 40 kg de fósforo e 40 kg de potássio. Já em 2017 foram aplicados 118 kg de nitrogênio, 106 kg de fósforo e 195 kg/ha de potássio.

Amostras de raízes de meloeiro e do solo rizosférico foram coletadas ao final do primeiro (2012) e do sexto (2017) ciclos de cultivo para análise da densidade de esporos, colonização micorrízica e teor de fósforo.

Micorrizas arbusculares: amostragem e análises

A amostragem de solo na área do experimento na camada de 0 a 10 cm foi feita nos seguintes períodos: a) antes da implantação do experimento (2011), b) ao final do primeiro ciclo de cultivo das plantas de cobertura (2012), c) ao final do primeiro ciclo de cultivo de meloeiro (2012), e d) após sexto ciclo do meloeiro (2017). Além disso, foram coletadas amostras numa área de caatinga adjacente, tomada como referência.

As amostras de solo foram destorroadas, submetidas à secagem em temperatura ambiente e utilizadas para avaliação da densidade de esporos de FMA. A extração de esporos de FMA de 50 g de solo foi feita por peneiramento úmido e centrifugação em solução de sacarose (Gerdemann & Nicholson, 1963; Jenkins, 1964). A densidade de esporos foi obtida pela contagem de esporos com uso de estereomicroscópio e placa canaletada.

A amostragem de raízes de meloeiro foi feita ao final do primeiro e do sexto ciclo de cultivo, nos anos de 2012 e 2017 respectivamente. Para avaliação dos parâmetros micorrízicos, as raízes foram lavadas, clareadas com KOH (2,5%), acidificadas com HCl (1%), e coradas com azul de tripano (0,1%) (Phillips & Hayman, 1970). A quantificação da colonização micorrízica total, vesicular e arbuscular das raízes do meloeiro foi realizada pelo método de análise de segmentos (McGonigle et al., 1990).

Análise Estatística

Os dados de densidade de esporos e de colonização micorrízica foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 5\%$). A comparação temporal desses parâmetros, nos anos de 2012 e 2017, foi feita usando o teste de t pareado. Foi avaliada a correlação entre os dados de colonização micorrízica das raízes e teor de fósforo no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade de esporos de FMA no solo no período pré-cultivo

A densidade de esporos de FMA no solo foi maior no período pós-cultivo das plantas para adubação verde, especificamente os coquetéis vegetais, quando comparado à caatinga de referência (Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e teor de fósforo na caatinga de referência e na área do experimento antes da implantação e ao final do primeiro ciclo de cultivo das plantas para adubação verde

	Esporos de FMA (50 g de solo)	Fósforo (mg/dm³)
Caatinga de referência	13,4 b	2,9 b
Pré-cultivo de adubação verde (2011)	23,7 ab	47,3 a
Pós-cultivo de adubação verde – 1º ciclo (2012)		
Coquetel vegetal 1	56,6 a	33,4 a
Coquetel vegetal 2	52,5 a	28,7 a
Vegetação espontânea	49,6 ab	32,0 a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: autoria própria.

O aumento na densidade de esporos pode ser explicado em parte pelo grau de associação micorrízica apresentado pelas plantas cultivadas para adubação verde, que foi relativamente alto em todas as composições, com médias variando entre 77 e 80% (Santana, et al., 2013). Outro fator que pode contribuir para o aumento na densidade de esporos é o aumento no carbono orgânico total do solo em consequência da adubação verde, visto que essa correlação foi verificada em semiárido com vegetação de caatinga ou cultivo (Lima et al., 2007).

Estudos na caatinga em situação de mudanças no uso do solo para agrário ou pastagem relatam aumentos (Sousa, 2014; Cardozo Junior et al., 2018), diminuição (Santos et al., 2013; Lima et al., 2007) ou até manutenção (Cardozo Junior, 2018; Lima et al., 2007) no número de esporos, nesses estudos tiveram influência as espécies de planta, a sazonalidade (período seco/chuvoso), e manejo do tipo convencional ou conservacionista.

Valores menores de densidade de esporos de FMA em ecossistemas naturais não perturbados, como na caatinga, se deve à estabilidade desses ecossistemas em relação aos ambientes antropizados (Cordeiro et al., 2005).

O aumento do teor de fósforo na área do experimento em relação à caatinga se deu por conta do cultivo com o uso de fertilizantes nos anos seguintes à mudança no uso do solo (Tabela 4.4), pois parte do fósforo aplicado ao solo nas lavouras é fixada no solo, permanecendo acumulado nas áreas cultivadas (Moreira & Siqueira, 2006).

Densidade de esporos no cultivo de meloeiro

A densidade de esporos de FMA na rizosfera do meloeiro ao final do primeiro ciclo de cultivo (2012) apresentou médias variando entre 31 a 78 esporos em 50 g de solo, já no sexto ciclo (2017) a variação foi entre 19 e 67 esporos (Tabela 4.5).

A densidade de esporos de FMA no meloeiro em 2012 apresentou maiores médias sob efeito do sistema de plantio direto, em que a aplicação do adubo foi feita por deposição da fitomassa na superfície do solo, esse efeito do sistema de cultivo se manteve em longo prazo, ou seja, continuou maior a densidade de esporos em 2017 ($p < 0,01$) (Tabela 4.5). Em sistema de plantio direto (Gottshall et al., 2017), verificou-se o aumento da diversidade de fungos FMA e a estabilidade da comunidade, em estudo de longo prazo.

Tabela 4.5: Densidade de esporos de FMAs no solo com cultivo de meloeiro em longo prazo, sob irrigação no semiárido, com diferentes sistemas de cultivos e tipos de adubo verde

Sistema de cultivo (SC)		Esporos de FMA (50 g de solo)	
Adubo verde (AV)	Ano	2012	2017
Plantio direto – deposição superficial da fitomassa			
Coquetel vegetal 1 (CV1)		48,6 ab A	67,1 a A
Coquetel vegetal 2 (CV2)		42,6 ab A	37,9 ab A
Vegetação espontânea		77,8 a A	67,1 a A
Convencional - Incorporação da fitomassa por revolvimento			
Coquetel vegetal 1 (CV1)		31,0 b A	22,1 b B
Coquetel vegetal 2 (CV2)		34,2 b A	48,0 ab A
Vegetação espontânea		31,8 b A	19,5 b B
Valor de <i>P</i>			
SC		0,004	0,003
AV		0,160	0,984
SC x AV		0,124	0,014

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV1 (75% leguminosas:25% não-leguminosas), CV2 (25% leguminosas:75% não-leguminosas).

Fonte: autoria própria.

A deposição superficial da adubação verde aliada ao não revolvimento do solo pode beneficiar os FMAs e demais microrganismos devido às melhorias das características físico-químicas e biológicas do solo em médio e longo prazo (Angelini et al., 2012; Barros, 2015).

As diferentes misturas de plantas para adubo verde apresentam efeito semelhante sobre a densidade de esporos, dentro de cada sistema de cultivo (Tabela 4.5). Além do efeito do sistema de cultivo, o alto grau micotrófico (Angelini et al., 2012) e de colonização da maioria das plantas

dos coquetéis vegetais e vegetação espontânea (Santana et al., 2013) podem ter contribuído para esse resultado.

A densidade média de esporos de FMA no solo adubado com CV2 (Tabela 4.5) apresentou valores semelhantes, nos dois sistemas de plantio e nos dois ciclos de cultivo avaliados. Isso pode decorrer da alta proporção de gramíneas (milho, milheto e sorgo) no CV2, pois espécies desse grupo de plantas produzem aumento da esporulação, devido ao sistema radicular fasciculado, com raízes finas, abundante e de rápido crescimento e com alta eficiência fotossintética que resulta em maior capacidade de fornecer fotossintatos aos FMA (Daniels-Hetrick & Bloom, 1986). Essas plantas são as mais indicadas para utilização na multiplicação de esporos no solo para produção de inóculo micorrízico (Lima et al., 2013).

A densidade média de esporos de FMA no solo adubado com CV1 e VE apresentou, de modo geral, valores relativamente altos no sistema de plantio direto, e se manteve assim em longo prazo, continuando altos após 6 anos de cultivo. Contudo, no sistema convencional houve diminuição na densidade de esporos nesses tratamentos em longo prazo (Tabela 4.5). Nos grupos de plantas predominantes nesses tratamentos a associação micorrízica foi mais afetada que em CV2, possivelmente por efeito das características do sistema radicular e do metabolismo delas (Cardozo Junior et al., 2018).

Em cafeeiro, a permanência de espécies de plantas espontâneas nas entrelinhas promoveu aumento na densidade de esporos de FMA (Melloni et al., 2017), corroborando o resultado obtido no cultivo de melão, pois as subparcelas onde cresceu a vegetação espontânea no sistema de plantio direto apresentaram alta densidade de esporos.

A diminuição da densidade de esporos de FMA no sistema convencional se deve também ao uso das práticas de preparo do solo como aração e gradagem. Essas práticas provocam o rompimento das hifas, que resulta na redução do potencial de inóculo de FMA do solo e na diminuição na produção de esporos (Angelini et al., 2012; Kabir, 2005; Saraiva, 2013).

Em cultivo de melão e melancia sob cultivo intensivo, no semiárido, com uso de adubação mineral e irrigação, em longo prazo (10 anos), verificou-se diminuição na densidade de esporos no solo (Saraiva, 2013).

Sistemas convencionais na cultura em longo tempo produziram efeitos negativos na comunidade microbiana do solo, como a redução da densidade de esporos de FMA também em experimento no cerrado (Schneider et al., 2011).

As práticas conservacionistas como o uso de plantas de cobertura e plantio direto podem proporcionar melhorias na qualidade do solo e beneficiar os FMAs, pois geralmente, a comunidade dos FMAs é numerosa em sistemas agrícolas que englobam, principalmente, uso reduzido de agroquímicos, cultivo mínimo, rotação de culturas e semeadura de gramíneas (Angelini et al., 2012).

Colonização micorrízica total do meloeiro

A colonização micorrízica total do meloeiro em 2012, primeiro ano de cultivo de melão, foi relativamente alta, com médias variando entre 68 e 83% (Tabela 4.6), com efeitos semelhantes entre sistema de cultivo e misturas de plantas para adubação verde ($p < 0,05$). Em 2017, no sexto ano de cultivo, feito sempre na mesma área e com pré-cultivo das misturas de plantas para adubação verde, as médias de colonização variaram entre 19 e 38%, também semelhantes entre sistema de cultivo e adubação verde ($p < 0,05$).

Tabela 4.6: Grau de colonização micorrízica de meloeiro por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em experimento irrigado no semiárido, com diferentes sistemas de cultivos e tipos de adubo verde

Sistema de cultivo (SC) / Adubo verde (AV)	Grau de colonização radicular por FMA (%)					
	Total		Vesicular		Arbuscular	
	2012	2017	2012	2017	2012	2017
Plantio direto – deposição superficial						
Coquetel vegetal 1	68,9 a A	36,3 a B	6,8 a A	4,8 a A	3,6 bc A	16,5 a A
Coquetel vegetal 2	72,9 a A	37,5 a A	22,1 a A	3,9 a A	11,9 a A	3,4 b B
Vegetação espontânea	83,8 a A	30,0 a B	21,3 a A	1,5 a A	7,7 abc A	9,0 ab A
Convencional – revolvimento do solo						
Coquetel vegetal 1	83,0 a A	19,8 a B	14,5 a A	0,4 a A	10,5 a A	2,4 b B
Coquetel vegetal 2	80,1 a A	20,6 a B	20,9 a A	0,5 a B	4,4 bc A	1,8 b A
Vegetação espontânea	79,8 a A	28,3 a B	10,6 a A	1,0 a B	2,9 c A	2,0 b A
Valor de P						
SC	0,429	0,010	0,800	0,030	0,197	0,008
AV	0,763	0,970	0,292	0,665	0,244	0,111
SC x AV	0,583	0,245	0,405	0,421	0,001	0,157

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras maiúsculas nas linhas comparam variáveis entre 2012 e 2017, se iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Meloeiro cultivado em ambiente protegido no Vale do São Francisco, com e sem inoculação de FMA, sob estresse hídrico nos anos 2015 e 2016, apresentou colonização micorrízica média igual

a 36,2% (variação de 6 a 60%) no primeiro ano e média foi 40% (variação de 6 a 72%) no segundo ano (Melo, 2017). Essas médias foram menores que os verificados no presente estudo, mas os valores máximos das médias são semelhantes aos obtidos. Essa variação pode estar relacionada com as diferenças nas condições de disponibilidade hídrica, fertilização e de manejo (Melo, 2017). Variações no teor de nutrientes e pH do solo influenciam fortemente a composição das comunidades de FMAs e o estabelecimento da simbiose (Vorišková et al., 2016).

Em longo prazo, a colonização micorrízica total do meloeiro diminuiu ($p < 0,05$) nos tratamentos com combinação de sistemas de plantio e misturas de plantas, com exceção na adubação com coquetel vegetal 2 em sistema de plantio direto (Tabela 4.6).

As diferentes misturas de plantas utilizadas para adubação verde, produziram resultados semelhantes na colonização micorrízica, tanto no primeiro ciclo de cultivo (2012) quanto em no sexto ciclo (2017). Assim, para os FMA a composição das misturas de plantas no pré-cultivo não produziu diferenças nos propágulos do solo de forma que pudesse afetar a colonização de meloeiros. Os FMA não apresentam especificidade em relação as espécies de plantas com as quais estabelecem associação (Dhillion, 1992), essa característica possibilita que em condições de manejo com plantas de cobertura para adubação verde, se associem tanto às plantas do pré-cultivo quanto à cultura principal, nesse caso o meloeiro. A avaliação da colonização micorrízica das plantas de pré-cultivo desse experimento cultivadas em 2012 mostrou que as plantas eram micotróficas com alto grau de colonização nas condições de cultivo (Santana et al., 2013).

A diminuição do grau de colonização micorrízica do meloeiro em longo prazo foi influenciada também pelo teor de P no solo (Figura 4.1). A correlação entre colonização micorrízica e teor de P é moderada e negativa ($R = -0,58$), assim maiores valores de colonização micorrízica (predominantemente maiores que 65%) aconteceram no primeiro ano de cultivo (2012) e estiveram associados a teores de P menores que 50 mg.dm^{-3} (Figura 4.1). Em 2017, maiores valores de teor de P no solo se correlacionaram com valores de colonização micorrízica que variaram entre 10 e 55%.

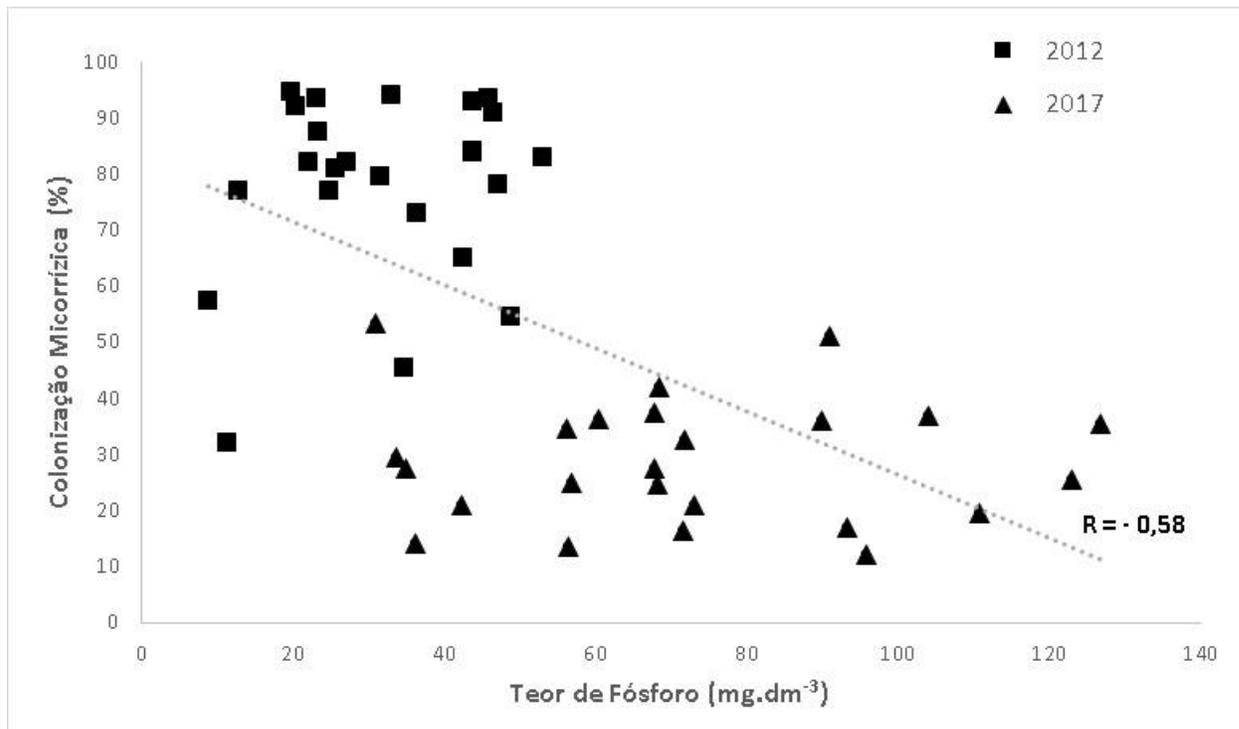


Figura 4.1: Correlação entre teor de fósforo disponível no solo (mg dm^{-3}) e grau de colonização micorrízica ($p < 0,05\%$)

O aumento da disponibilidade de P no solo pode diminuir a colonização de FMA nas raízes dos hospedeiros (Bakhschandeh et al., 2017), tal como constatado nesse experimento. Isso indica a importância de ajustar a adubação mineral para permitir que a simbiose micorrízica se estabeleça e promova os benefícios nutricionais já amplamente descritos na literatura resultando em economia com fertilizantes e favorecendo aspectos da sustentabilidade da prática agrícola.

Colonização vesicular do meloeiro

A colonização das raízes do meloeiro por vesículas de FMA apresentou médias variando entre 6 a 23% no primeiro ano de cultivo, e entre 0 a 5% no sexto ano de cultivo (Tabela 4.6), tal como verificado na colonização total, os efeitos entre sistema de cultivo e misturas de plantas para adubação verde foram semelhantes ($p < 0,05$).

Em longo prazo a colonização por vesículas diminuiu por efeito do sistema de cultivo convencional, com aplicação da fitomassa por incorporação ao solo ($p < 0,05$), sendo significativo no CV2 e na vegetação espontânea. A redução da colonização por vesículas de FMA em estudo de longa duração foi verificada em soja (*Glycine max*) cultivada em sistema convencional em consórcio com ervilhaca (*Vicia sativa*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) do solo com

revolvimento (Schneider et al., 2011). As vesículas são estruturas de armazenamento dos FMA, que podem também funcionar como propágulos (Silveira, 1992), e assim como as demais estruturas dos FMA, o seu desenvolvimento pode ser afetado por condições ambientais, por práticas de manejos e pela concentração de Fósforo (Smith & Read, 2008).

Colonização arbuscular do meloeiro

A colonização por arbúsculos na raiz de meloeiro apresentou médias variando entre 2 e 12% em 2012 e entre 1 a 17 % em 2017 (Tabela 4.6). De modo geral, são valores baixos e podem ter sido influenciado pelos valores altos de fósforo no solo, com maior parte das amostras apresentando teores entre 20 a 80 mg dm⁻³ (Figura 4.1). Os arbúsculos são estruturas temporárias formadas nas raízes para troca de nutrientes entre simbioses quando a associação micorrízica está em grande atividade. Os baixos valores verificados podem ser decorrentes do período em que a amostragem foi feita, o final do ciclo da cultura, quando as plantas entram em senescência e a associação simbiótica em declínio (Smith & Read, 2008).

Em longo prazo, a tendência verificada para colonização total e colonização vesicular se repetiu na colonização arbuscular, em sistema de cultivo por plantio direto as médias de colonização foram maiores ($p < 0,05$). Schneider et al. (2011) verificou diminuição na colonização por arbúsculos em sistema convencional do solo. No sistema de plantio direto, a permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo promove menores impactos nas propriedades do solo, maior disponibilidade de nutrientes e melhores condições para a atividade microbiana (Schneider et al., 2011; Gottshall et al., 2017).

Estudos que incluem quantificação de vesículas e de arbúsculos nas raízes de plantas micorrizadas ainda são escassos, especialmente em campo, sendo necessário registros mais abundantes para ampliar o conhecimento sobre os fatores que afetam essas estruturas e, principalmente, de que modo as afetam.

CONCLUSÕES

A adubação verde com coquetéis vegetais e plantas espontâneas produziram efeitos semelhantes entre si sobre a colonização micorrízica do meloeiro e sobre a densidade de esporos dentro de cada sistema de manejo.

A colonização micorrízica de meloeiro e a densidade de esporos de FMAs no solo rizosférico foram mantidas em longo prazo no sistema de plantio direto e diminuíram no sistema convencional.

Em longo prazo, houve diminuição no grau de colonização micorrízica do meloeiro correlacionado com o aumento do teor de fósforo no solo.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido (PPGCTAS). Universidade de Pernambuco. A Embrapa Semiárido.

LITERATURA CITADA

Allen, G. R.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome. 1998. p. 1–15.

Angelini, R. G. A.; Loss, A.; Pereira, M. G.; Torres, J. L. R.; Saggin Júnior, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, p. 115-130, 2012.

Anuário Brasileiro de Fruticultura 2017. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2017. 88 p.

Bakhshandeh, S.; Corneo, P. E.; Mariotte, P.; Kertesz, M. A.; Dijkstra, F. A. Effect of crop rotation on mycorrhizal colonization and wheat yield under different fertilizer treatments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 247, p. 130–136, 2017

Barros, V. D. S. Pegada de carbono do melão produzido em sistemas convencional ou conservacionista. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semiárido, 2015. 120p. Tese Doutorado.

Cardozo Junior, F. M.; Romero Francisco Vieira Carneiro, R. F. V.; Goto, B. T.; Araújo, A. S. F. Arbuscular mycorrhizal communities in different tropical pastures of the Brazilian northeast. *Revista Agrária Acadêmica*, v. 1, p. 17-28, 2018.

Cordeiro, M. A. S.; Carneiro, M. A. C.; Paulino, H. B.; Saggin Junior, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 35, p. 147-153 2005.

Daniels-Hetrick, B. A. D.; Bloom, J. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. *Mycologia*, New York, v. 78, p. 32-36, 1986.

Dhillon, S. S. Evidence for host-mycorrhizal preference in native grassland species. *Mycorrhizal Research* v. 96, p.59-362. 1992.

Donagema, G. K. Manual de métodos de análises de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

Gerdemann, J.W.; Nicolson, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* extracted from soil by wet-sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 46, p. 235–244, 1963.

Giongo, V.; Mendes, A. M. S.; Cunha, T. J. F.; Galvão, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no semiárido brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 611–618, 2011.

Gottshall, C. B.; Cooper, M.; Emery, S. M. Activity, diversity and function of arbuscular mycorrhizae vary with changes in agricultural management intensity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 241, p. 142–149, 2017.

IBGE, Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agrário 2017. Disponível em: <<http://censoagro2017.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 8 out. 2018.

IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2a aproximação. 2. ed. Recife: IPA, 2008. 198 p.

Jenkins, W. R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, v. 48, p. 692, 1964.

Kabir, Z. Tillage or no-tillage: impact on mycorrhizae. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.85, p.23-29, 2005.

Lima, C. E. P. L.; Santana, A. S.; Mergulhão, A. C. E. S.; Lima, R. L. F. A. Micorriza Arbuscular: alternativa para uso na agricultura sustentável. In: *Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável*. Recife: Ipa/Emater/Seagri- AL, p. 113–132, 2013.

Lima, R. L. F. A.; Salcedo, I. H.; Fraga, V. S. Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semi-árida no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 257-268, 2007.

McGonigle, T. P.; Millers, M. H.; Evans, D. G.; Fairchild, G. L.; Swan, J. A. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New phytologist*, v. 115, p. 495-501, 1990.

Melloni, R.; Silve, E. M.; Alvarenga, M. I. N.; Melloni, E. G. P.; Alcântara, E. N. Impacto do controle de plantas espontâneas sobre propágulos de FMAs e micorrização de cafeeiro. *Coffee Science, Lavras*, v. 12, p. 207 – 215, 2017.

Melo, J. M. M. Híbridos de meloeiro inoculados com fungos micorrízicos arbusculares e submetidos ao estresse hídrico no Vale do Submédio do São Francisco. Juazeiro: Universidade do Estado da Bahia, 2017. 98p. Dissertação Mestrado.

Moreira, F. M.; Siqueira, J. O. Micorrizas. In: Microbiologia e Bioquímica do Solo. Lavras, UFLA, 2006, p. 553-657.

Moura, M. C. F.; Oliveira, L. C. S.; Silva, S. G. A. A cultura do melão: uma abordagem acerca da cadeia produtiva no agropolo Mossoró – Assú/RN. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 7, p. 1068–1084, 2011.

Phillips, J.M.; Hayman, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, v. 55, p. 158-161,1970.

Sá, I. B.; Silva, P. C. G. Semiárido brasileiro: pesquisa desenvolvimento e inovação. Petrolina, Embrapa Semiárido, 2010, 402 p.

Sampaio, E. V. S. B.; Araújo, M. S. B.; Salcedo, I. H.; Menezes, R. S. C. Agricultura sustentável no semiárido nordestino. Recife, Universitária, UFPE, 2009. 152 p.

Santana, S. M.; Lima, R. L. F.; Giongo, V. Efeito de diferentes tipos de cobertura do solo sobre propágulos de fungos micorrízicos arbusculares. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Florianópolis. 2013. 4 p.

Santos, R. S.; Scoriza, R. N.; Ferreira, J. S. Fungos micorrízicos arbusculares em diferentes coberturas florestais em Vitória da Conquista, Bahia. Floresta e Ambiente, v. 20, p. 344-350, 2013.

Saraiva, J.P.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares frente à tolerância de cucurbitáceas a *Monosporascus cannonballus* em função do tempo de cultivo. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semiárido, 2013. 82p. Tese Doutorado.

Schneider, J.; Klauberg Filho, O.; Fontoura, S. M. V.; Alves, M. V. Influência de diferentes sistemas de manejo e calagem em experimento de longa duração sobre fungos micorrízicos arbusculares. Ciência e. agrotecnologia., Lavras, v. 35, p. 701-709, 2011.

Silveira, A. P. D. Micorrizas. In: Cardoso, E. J. B. N.; Tsai, S. M.; Neves, M. C. P. (Ed.) Microbiologia do solo. Campinas: SBCS, 1992. cap.19, p. 257-282.

Smith, S. E., Read, D. J. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, Cambridge, 2008.

Sousa, C. D. S.; Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. D. S. B.; Lima, F. D. S.; Maia, L. C.; Oehl, F. Arbuscular mycorrhizal fungi in successional stages of caatinga in the semi-arid region of Brazil. Ciência Florestal, v.p.137-148, 2014.

Vidal, M. F.; Ximenes, L. J. F. Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. *Caderno Setorial ETENE*, v. 1, p. 18–26, 2016.

Vorišková, A.; Janoušková, M.; Slavíková, R.; Pánková, H.; Daniel, O.; Vazacová, K.; Rydlová, J.; Vosátka, M.; Münzbergová, Z. Effect of past agricultural use on the infectivity and composition of a community of arbuscular mycorrhizal fungi. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 221, p. 28–39, 2016.

5 FENOLOGIA DO MELOEIRO E COLONIZAÇÃO POR FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM AGROECOSSISTEMA NO SEMIÁRIDO

Resumo

A colonização do sistema radicular de plantas por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pode ser influenciada por fatores dos FMA, das plantas e edafoclimáticos. Em ambientes agrícolas os manejos adotados devem ser considerados. Objetivou-se conhecer a dinâmica da colonização micorrízica do meloeiro em sistema de cultivo convencional ou plantio direto com adubação verde. O experimento foi em delineamento em blocos ao acaso, com 2 sistemas de cultivo (plantio direto e convencional), 3 tipos de adubação verde (coquetel vegetal 1, coquetel vegetal 2, vegetação espontânea) e 4 repetições. Avaliou-se o grau de colonização do meloeiro nos estádios juvenil, vegetativo, frutificação e maturação. A colonização micorrízica foi maior no sistema de plantio direto, sem efeito diferencial das misturas de plantas para adubação verde (ANOVA; $p < 0,05$). A colonização micorrízica total e arbuscular tiveram resultado semelhante durante o ciclo de crescimento do meloeiro. A colonização vesicular foi crescente somente no estágio de maturação.

Palavras-chave: adubação verde; plantio direto; dinâmica da colonização micorrízica; sistema convencional

Abstract

The colonization of the root system of plants by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can be influenced by AMF, plant and edaphoclimatic factors. In agricultural environments, the managements adopted should be considered. The objective of this study was to determine the dynamics of mycorrhizal colonization of melon in a conventional or no-tillage system with green manure. The experiment was a randomized block design with two cultivation systems (no-tillage and conventional), three types of green manure (plant cocktail 1, plant cocktail 2, spontaneous plant) and four replications. The degree of colonization of the melon was evaluated in the juvenile, vegetative, fruiting and maturation stages. Mycorrhizal colonization was higher in the no-tillage system, with no differential effect of plant mixtures for green manure (ANOVA; $p < 0.05$). The total and arbuscular mycorrhizal colonization had and similar results during the growth cycle of the melon. Vesicular colonization increased only at the maturation stage.

Key-words: Green manure; no-tillage; dynamics of mycorrhizal colonization; conventional system

INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) estão presentes nos ecossistemas terrestres, em ambientes naturais ou agrários (FARIAS et al., 2014; PELLEGRINO et al., 2015), se associando ao sistema radicular das plantas, onde atuam como extensão das raízes, incrementando a absorção de água e nutrientes (SMITH; READ, 2008).

A colonização radicular por FMA pode ser influenciada de modo geral por fatores dos FMAs, das plantas e edafoclimáticos (SILVANA et al., 2018). A fenologia das plantas pode afetar a colonização micorrízica devido aos diferentes níveis de exigência nutricional das plantas durante cada fase de desenvolvimento (OLIVEIRA; LEITÃO; ALMEIDA, 2010). Dentre os fatores edafoclimáticos que influenciam na dinâmica dos FMA, estão os fatores físicos e químicos do solo (pH, temperatura, aeração, textura, fósforo e conteúdo de matéria orgânica); a intensidade e duração da luz, precipitação e sazonalidade (inverno/verão) (SILVANA et al., 2018; PELLEGRINO et al., 2015). Nos ambientes agrários também devem ser considerados os manejos adotados no cultivo, tais como o uso intensivo do solo, irrigação, sistemas de cultivo, fertilizantes e defensivos agrícolas. Tais manejos podem afetar de formas variadas a diversidade dos FMAs e sua dinâmica no ambiente (SILVANA et al., 2018; GOTTSALL et al., 2017; TURRINI et al., 2017; ROUPHAEL et al., 2015).

Espécies hortícolas da família *Cucurbitaceae*, apresentam-se micorrizadas em condições de campo (ORTAS, 2012). O meloeiro (*Cucumis melo*) é uma espécie perene na natureza, mas explorada como planta anual na agricultura, com ciclo de cultivo com duração cerca de 70 dias. O meloeiro apresenta alta exigência de água e nutrientes, porém essa exigência varia ao longo do ciclo de cultivo (OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA; LEITÃO; ALMEIDA, 2010). No período juvenil o meloeiro requer umidade moderada do solo, enquanto que nas fases de floração e frutificação e maturação dos frutos são requeridas maiores quantidades de água e nutrientes (FAGAN et al., 2006; OLIVEIRA, 2017).

A produção de melão no polo frutícola Petrolina/Juazeiro no Vale do Submédio São Francisco, no semiárido nordestino, tem grande importância socioeconômica (MEDEIROS et al.,

2012; OLIVEIRA et al., 2017). O manejo adotado nessa região inclui sistemas convencionais de preparo do solo com uso de arações e gradagens, irrigação, aplicação de fertilizantes minerais e defensivos agrícolas. Essas práticas podem provocar alterações nas propriedades biológicas do solo (COSTA et al., 2017; GIONGO et al., 2017), podendo ter consequências sobre a colonização micorrízica do meloeiro.

Práticas conservacionistas como o sistema de plantio direto (sem revolvimento do solo), plantas de cobertura, adubação orgânica e a rotação de culturas podem ser usadas para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos e favorecimento da comunidade microbiana do solo, incluindo os FMAs e, com isso promover os benefícios conhecidos da simbiose (ANGELINI et al., 2012; PECHE FILHO, 2005). O objetivo nesse estudo foi conhecer a dinâmica da colonização micorrízica durante os estádios fenológicos do meloeiro durante um ciclo de cultivo, em sistema de cultivo convencional ou plantio direto com adubação verde.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento: histórico e delineamento experimental

O estudo foi conduzido em experimento de cultivo de meloeiro em campo, o qual teve início em 2012 e continuidade até o presente. Foi implantado na Estação Experimental Bebedouro (9°08' S, 40°8' W) da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE, em área com relevo plano, solo do tipo argissolo vermelho-amarelo. A temperatura média anual foi igual a 27 °C e a precipitação média anual igual a 123 mm no período do experimento.

O experimento consiste de cultivo anual de pré-cultivo da área com misturas de plantas para adubação verde, a qual é aplicada ao solo, e após isso procede-se o cultivo de meloeiro. O pré-cultivo de plantas para adubação verde na área sendo feito no primeiro semestre e o cultivo de meloeiro no segundo semestre de cada ano, sendo mantidos sob irrigação.

O estudo apresentado foi feito a partir de amostragens realizadas na etapa de cultivo de meloeiro no ano de 2017.

O delineamento experimental tem parcelas subdivididas, distribuídas em blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas com dimensões de 30 × 10 m e as subparcelas de 10 x 10 m.

O fator de parcelas foi o sistema de cultivo, feito de duas formas: plantio direto ou convencional. No plantio direto a deposição superficial da fitomassa é feita sem revolvimento do solo, e convencional, com incorporação da fitomassa ao solo com revolvimento.

As subparcelas foram constituídas por três misturas de plantas de cobertura do solo para uso na adubação verde: mistura de plantas 1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas), mistura de plantas 2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas) e mistura de plantas 3 (vegetação espontânea da caatinga).

Composição e cultivo das misturas de plantas

As misturas de plantas para adubação verde foram semeadas (coquetéis vegetais) ou cresceram e se desenvolveram espontaneamente (vegetação espontânea) durante 70 dias.

A mistura de plantas 1 e 2, consistem de coquetéis vegetais, foram constituídas de quatorze espécies, incluindo oleaginosas, gramíneas e leguminosas com diferentes proporções de dose de semente entre as misturas (Tabela 5.1).

Em relação a semeadura das sementes dos coquetéis vegetais, inicialmente foram semeadas as de maior tamanho, e, posteriormente, as de menor tamanho, para garantir a uniformidade de germinação das sementes.

Tabela 5.1: Quantidade de sementes usadas na composição das misturas de plantas de cobertura do solo

Espécies	MP1	MP2
	kg de sementes ha ⁻¹	
Oleaginosas		
<i>Helianthus annuus</i> L.(Girassol)	3,12	9,30
<i>Ricinus communis</i> L (Mamona)	30,00	90,00
<i>Sesamum indicum</i> L.(Gergelim)	1,00	3,00
Gramíneas		
<i>Zea mays</i> L.(Milho)	15,00	45
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke (Milheto)	1,00	3,00
<i>Sorghum vulgare</i> Pers. (Sorgo)	2,50	7,50
Leguminosas		
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	5,25	1,75
<i>Crotalaria juncea</i> L.	13,50	4,50
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. (Feijão de porco)	187,50	62,50
<i>Calopogonium mucunoide</i> Desv. (Calopogônio)	3,75	1,25
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy .(Mucuna Preta)	101,25	33,75
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp. (Feijão guandu)	12,75	4,25
<i>Dolichos lablab</i> L. (Lab-lab)	60,00	20,00
<i>Mucuna cochinchinensis</i> (Lour.) A. Chev. (Mucuna Cinza)	101,25	33,75

MP1= mistura de plantas 1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas); MP2 = mistura de plantas 2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas).

Fonte: autoria própria.

A mistura de plantas 3, com vegetação espontânea, foi composta por plantas que se estabeleceram e se desenvolveram naturalmente nas subparcelas durante o período de cultivo dos coquetéis vegetais. As espécies mais frequentes nesse tratamento foram *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC., *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb., *Digitaria bicornis* (Lam.) Roem. Schult., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Commelina difusa* Burm. f., *Acanthospermum hispidum* DC., *Euphorbia chamaeclada* Ule, *Waltheria rotundifolia* Schrank, *Waltheria sp.* L., *Tridax procumbens* L., *Ipomoea mauritiana* Jacq., *Ipomoea bahiensis* Willd. Ex. Roem. Schult. e *Amaranthus deflexus* L.

Durante o período do experimento, foi feita irrigação em intervalos de dois dias, por tubos gotejadores com vazão de $4,0 \text{ L h}^{-1}$. O período de 70 dias coincidiu com a floração da maioria das espécies, ao final desse tempo foram cortadas e aplicadas ao solo.

Nas parcelas com sistema de plantio direto a aplicação da parte aérea das misturas de plantas foi feita após o corte com roçadeira manual (5 cm acima do solo) e a fitomassa depositada sobre o solo, sem revolvimento. Nas parcelas com sistema convencional, a fitomassa foi aplicada ao solo por incorporação por revolvimento, feito com grade de disco, a 0,4 m de profundidade.

Cultivo do meloeiro

O plantio de melão amarelo (cv. Gladial) foi realizado no segundo semestre de 2017, com plântulas produzidas em bandejas de poliestireno com uso de substrato comercial e mantidas por 12 dias na casa de vegetação. O transplântio das plântulas do meloeiro para o campo ocorreu 15 dias após o manejo da fitomassa das misturas de plantas, com espaçamento de 2,0 m entre fileiras e de 0,4 m entre plantas.

A irrigação no período foi realizada por gotejamento, com sistema constituído de uma linha lateral por fileira de plantas com gotejadores espaçados de 0,3 m e com vazão de $2,0 \text{ L h}^{-1}$. A quantidade de água aplicada nos tratamentos foi igual e as lâminas determinadas a partir das estimativas da evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 1998).

A adubação mineral foi aplicada via fertirrigação, três vezes por semana durante o ciclo do meloeiro e parcelada em 22 aplicações, segundo as recomendações técnicas para a cultura (IPA, 2008). Foram aplicados: 118 kg/ha de Nitrogênio; 106 kg/ha de Fósforo; 195 kg/ha de Potássio; 62 kg/ha de Cálcio; e 14 kg/ha de Magnésio. A duração do experimento foi de 73 dias.

Amostragem e análises micorrízica

As amostras de raízes do meloeiro foram coletadas de plantas selecionadas aleatoriamente dentro de cada subparcela, sendo coletado o sistema radicular completo de uma planta por subparcela.

As coletas de raízes foram feitas semanalmente para o acompanhamento da dinâmica da colonização micorrízica do meloeiro no decorrer do seu desenvolvimento.

A primeira coleta de amostra de raízes foi feita 17 dias após o transplântio (DAT) das mudas de melão para o campo. As demais coletas foram feitas aos 23, 30, 38, 46, 52, 59, 66 e 73 dias após o transplântio, totalizando nove coletas durante o ciclo de cultivo do meloeiro.

As amostras de raiz do meloeiro foram processadas para observação de estruturas dos FMA da seguinte forma: clareamento com KOH (2,5%), acidificação com HCl (1%), e coloração com azul de tripano (1%) (PHILLIPS; HAYMAN, 1970). A quantificação da colonização micorrízica total, vesicular e arbuscular das raízes do meloeiro foi realizada pelo método de análise de segmentos (McGONIGLE et al., 1990).

Análise estatística

A análise dos dados de colonização micorrízica total, vesicular e arbuscular foi feita após realização de teste de normalidade dos resíduos, exclusão dos outliers, e realização da análise de variância para todas as variáveis considerando parcelas subdivididas. As médias foram comparadas pelo teste de Duncan (5%), utilizando o programa SAS. Os dados de colonização total submetidos a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colonização micorrízica total foi crescente no período juvenil do meloeiro, decrescente no vegetativo, crescente novamente na frutificação e decrescente no final do ciclo, a maturação (Figura 5.1). A cultura do melão é exigente em água e nutrientes, porém, essa exigência varia ao longo do seu ciclo de cultivo (OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA; LEITÃO; ALMEIDA, 2010), e isso pode ter influenciado a dinâmica da colonização micorrízica radicular do meloeiro.

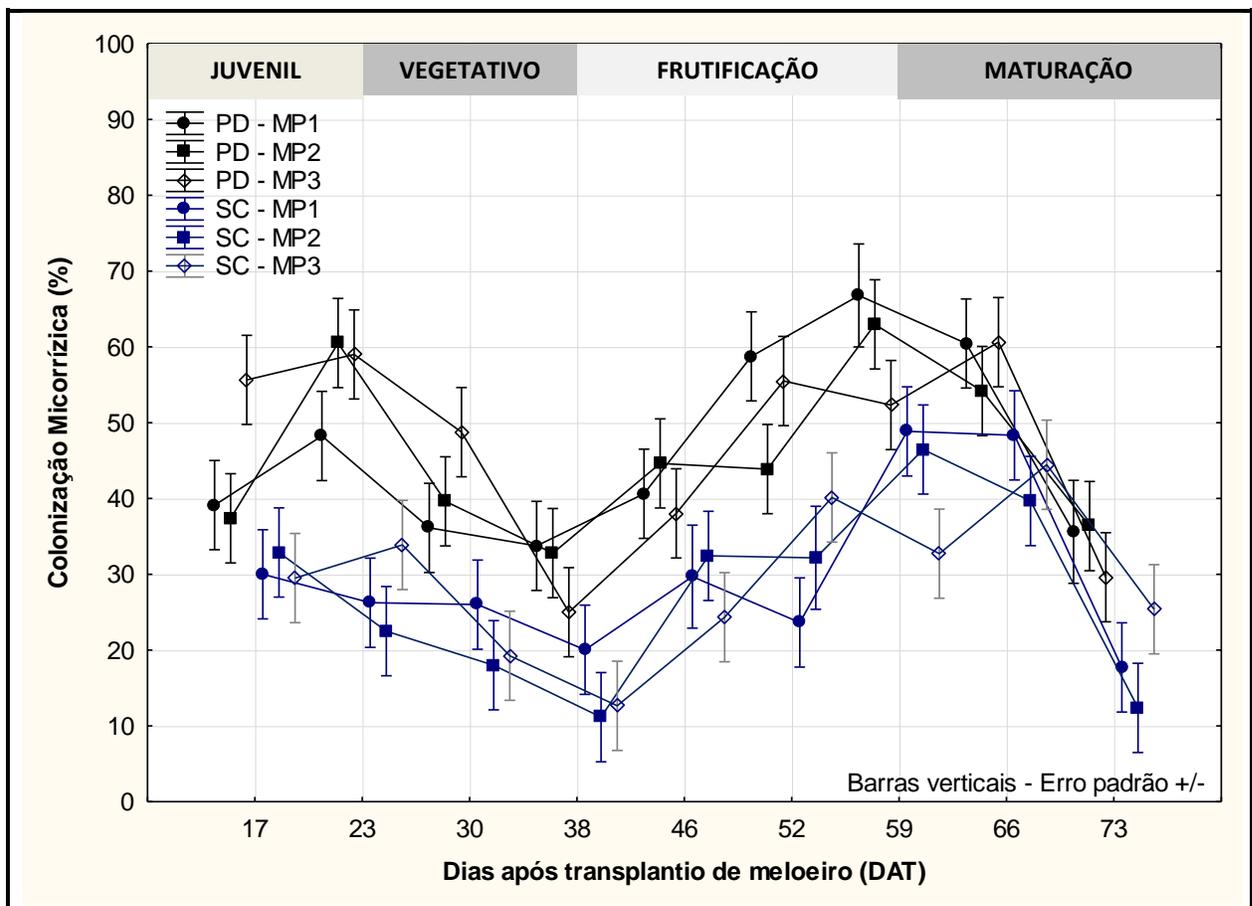


Figura 5.1: Colonização micorrízica total em diferentes estádios fenológicos de meloeiro sob cultivo em sistema de plantio direto ou convencional.

PD = plantio direto; SC = sistema convencional; MP1= mistura de plantas 1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas); MP2 = mistura de plantas 2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas); MP3 = vegetação espontânea.

Os tratamentos em sistema de plantio direto apresentaram maiores médias em cada período de coleta que no sistema de cultivo convencional, contudo os dois sistemas de plantio apresentam o mesmo comportamento (Tabela 5.3).

Nos sistemas de plantio direto e convencional foi possível modelar o comportamento de crescimento por curvas de grau 4, com R alto indicando que elas têm o mesmo perfil, diferindo apenas nos coeficientes da equação. Assim, são descritos pela mesma equação, mudando apenas os coeficientes. Isso confirma que o perfil é o mesmo para com e sem revolvimento (Figura 5. 2).

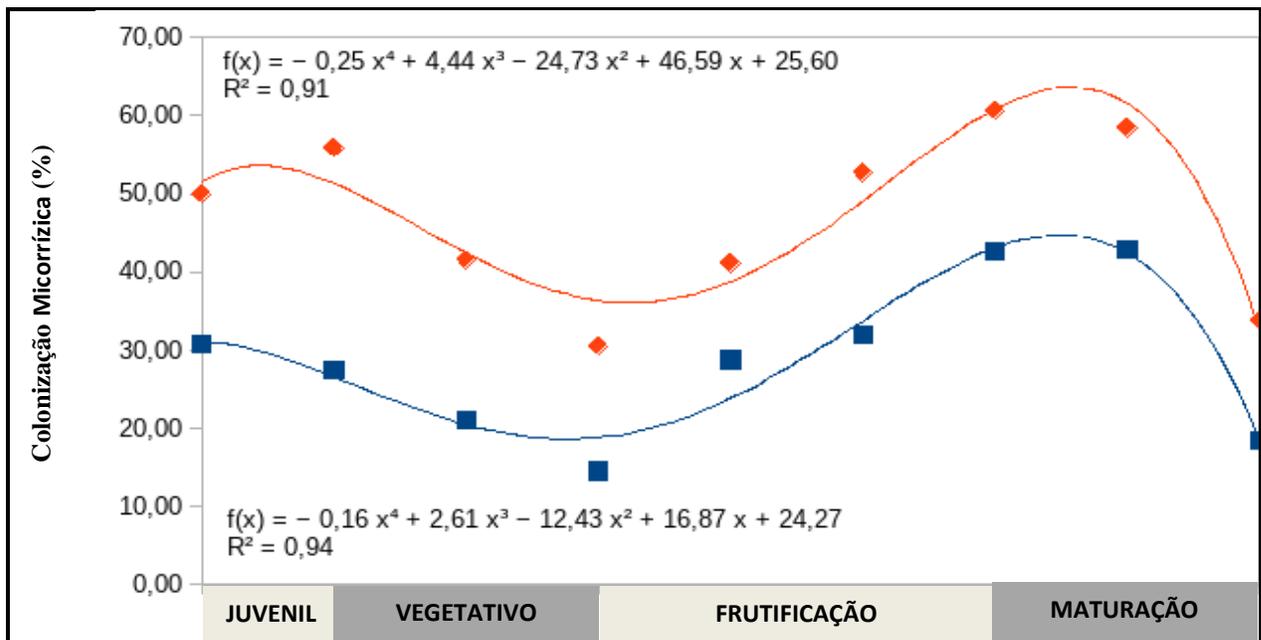


Figura 5.2: Colonização micorrízica total em diferentes estádios fenológicos de meloeiro sob cultivo em sistema de plantio direto ou convencional.

Curva com linha vermelha: plantio direto, sem revolvimento; Curva com linha azul: plantio convencional, com revolvimento

A semelhança no perfil dos sistemas de plantio direto e convencional foi confirmada pelo comportamento praticamente linear na relação gráfica entre plantio direto versus plantio convencional (Figura 5.3).

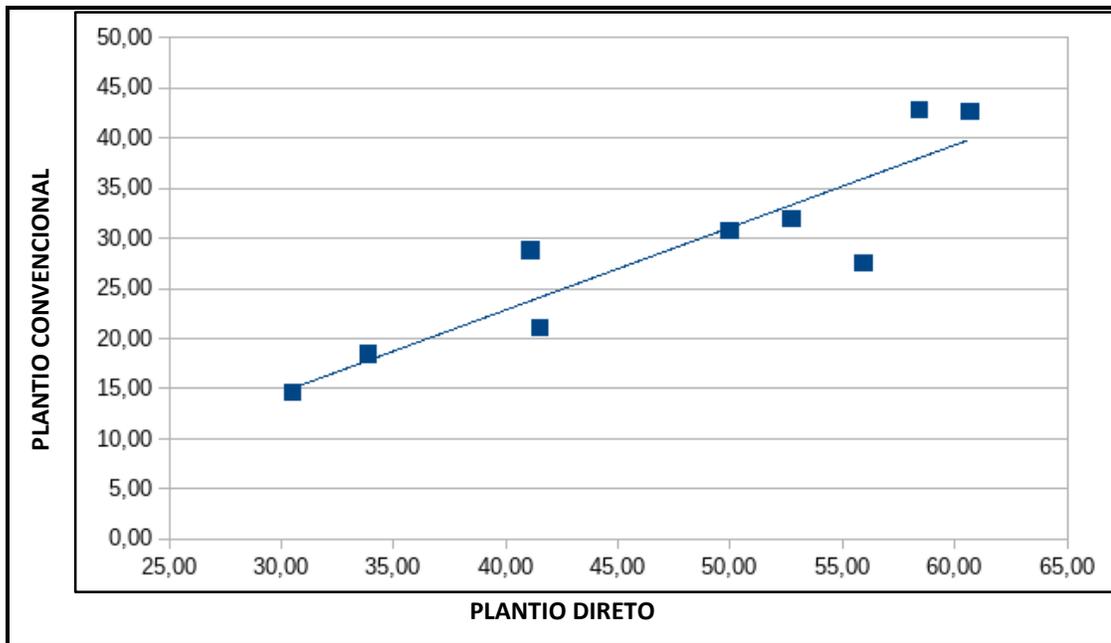


Figura 5.3: Colonização micorrízica total de meloeiro em plantio direto versus plantio convencional.

A dinâmica da colonização micorrízica total e arbuscular apresentou tendências semelhantes durante o ciclo do meloeiro (Figuras 5.1 e 5.5). Já a colonização por vesículas, apesar de não apresentar diferença estatística, mostrou comportamento praticamente linear no decorrer dos estádios iniciais do ciclo do meloeiro, apresentando crescimento no período final, o de maturação (Figura 5.4) em que as plantas estão entrando em senescência e possivelmente sinalizando para os FMA que é o momento de armazenar reservas.

A colonização micorrízica total (e arbuscular) aos 17 dias após transplântio tendeu a crescer (37,4 e 11,2% respectivamente) (Tabela 5.2), diminuindo a partir do final do estágio juvenil do meloeiro, e continuou assim durante o estágio vegetativo (dos 24 até 38 dias após transplântio) apresentando taxa de colonização total de 25,5%, e a arbuscular de 11,9% no fim deste estágio (Tabela 5.2). Porém, a colonização por vesículas mesmo sendo baixa (0,35%) (Tabela 5.2), tendeu a crescer no fim do estágio vegetativo. Em relação ao baixo número de vesículas, Claassens et al. (2018) também encontraram menor valor de vesículas em um estudo de campo sobre a dinâmica de colonização de populações nativas de micorriza arbuscular e de endófitos septados escuros em cana-de-açúcar.

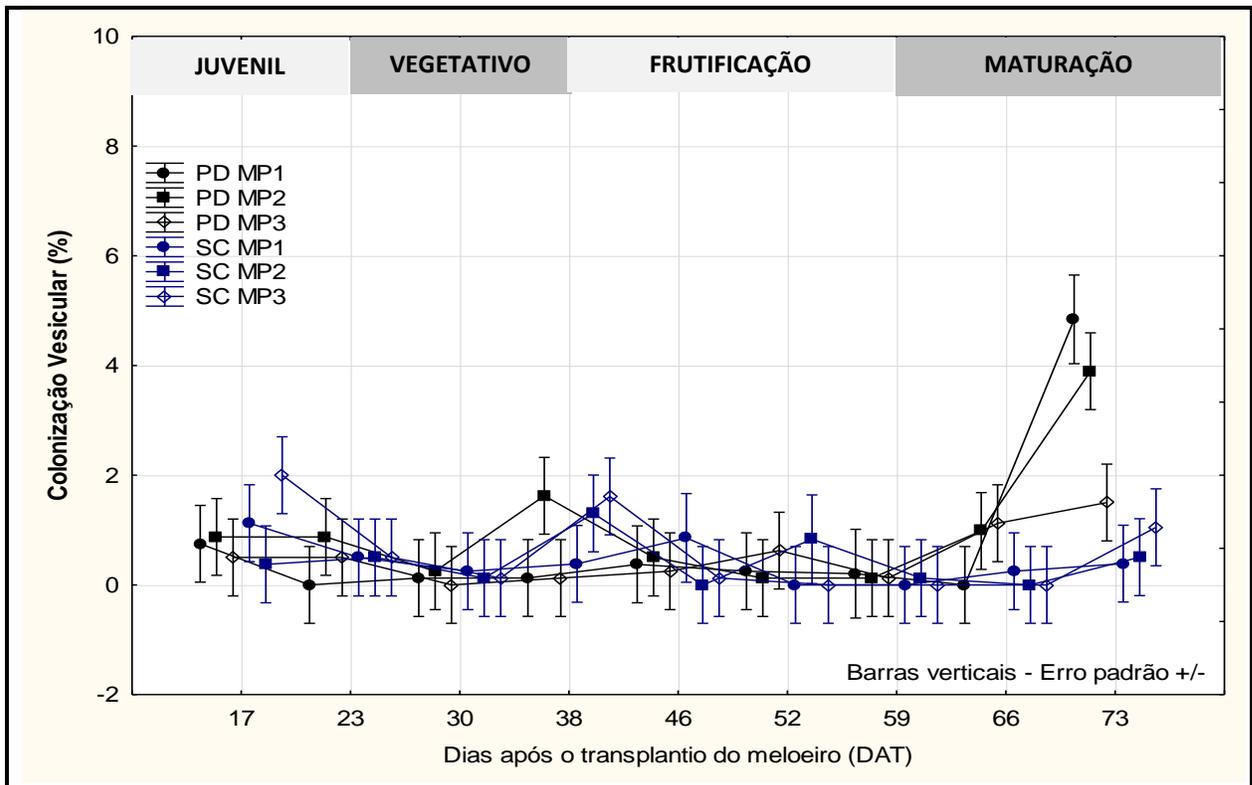


Figura 5.4: Colonização vesicular em diferentes estádios fenológicos de meloeiro sob cultivo em sistema de plantio direto ou convencional.

PD = plantio direto; SC = sistema convencional; MP1= mistura de plantas 1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas); MP2 = mistura de plantas 2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas); MP3 = vegetação espontânea.

Nos estádios juvenil e vegetativo do meloeiro (períodos entre 18 e 28 DAT e entre 38 a 45 DAT, respectivamente), as plantas se encontram em fase de estabelecimento e adaptação as condições de campo. Também nesses períodos, as plantas não têm alto requerimento de água e nutrientes (OLIVEIRA; LEITÃO; ALMEIDA, 2010; OLIVEIRA, 2017; OLIVEIRA et al., 2017), sendo que o crescimento e a ramificação das hifas de FMA dependem da composição do exsudato radicular, que também depende da arquitetura da raiz. Vale ressaltar que as taxas de exsudação também variam com o estágio de desenvolvimento da planta. As mudas produzem as menores quantidades de exsudados radiculares, passando a aumenta gradualmente até a floração e diminuindo novamente na maturidade (BADRI; VIVANCO, 2009). Esse comportamento parece ter reflexos sobre a colonização por fungos micorrízicos arbusculares, pois neste estudo foi constatado comportamento de oscilação na dinâmica da colonização radicular do meloeiro correspondente as fases de desenvolvimento da planta.

A partir do estágio de frutificação (período ente 38 e 59 DAT), a colonização total e arbuscular começaram a aumentar, apresentando um maior grau de colonização (51,2 e 29,6%)

respectivamente (Tabela 5.2), no final do estágio de frutificação. Esse comportamento das micorrizas pode ser explicado pelo fato da planta do meloeiro se encontrar na fase de frutificação, a qual apresenta o consumo máximo de água (FAGAN et al., 2006) e nutrientes (OLIVEIRA, 2017). Daí a necessidade de as plantas investirem em uma maior associação com o fungo, pois segundo Badri e Vivanco (2009), as micorrizas também são fortemente influenciadas pelo estado nutricional da planta hospedeira, seu status fisiológico, bem como pela disponibilidade de nutrientes no solo.

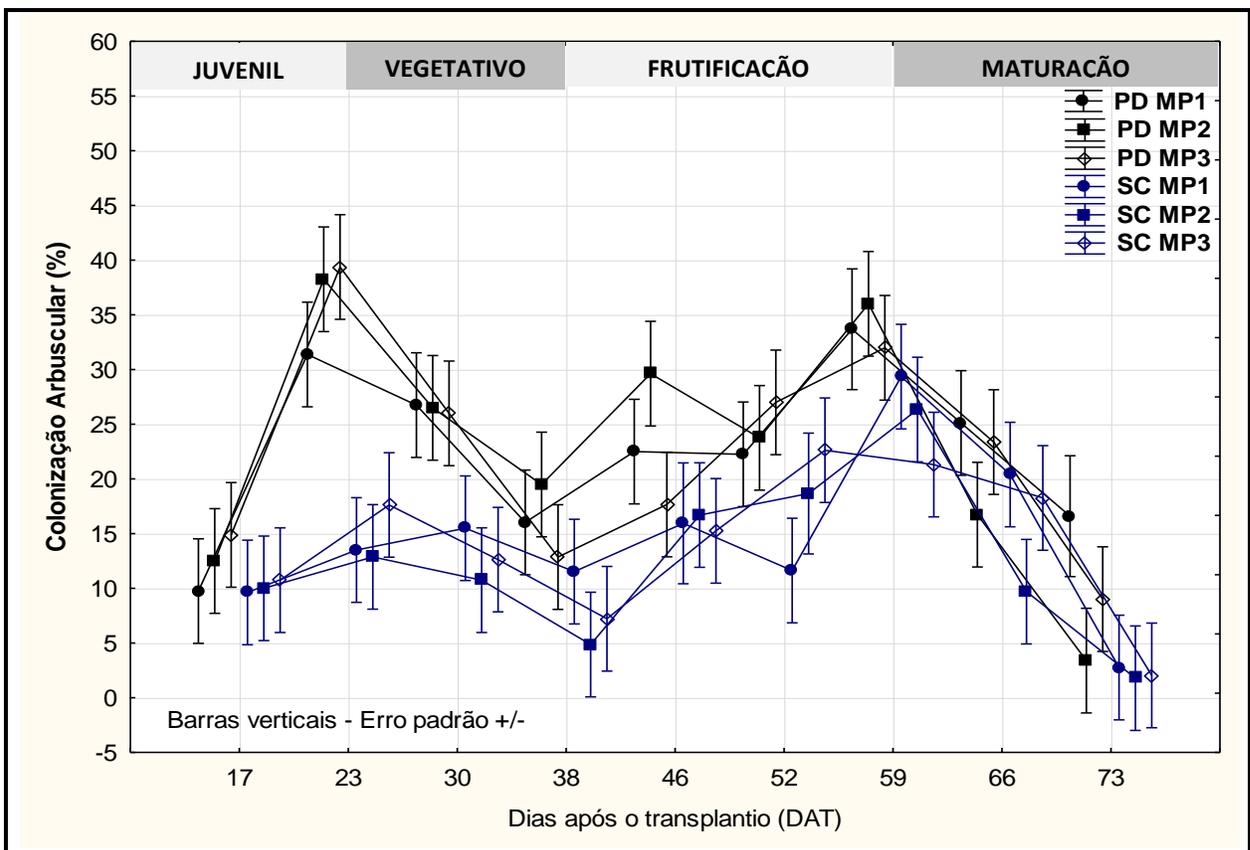


Figura 5.5: Colonização arbúscular em diferentes estágios fenológicos de meloeiro sob cultivo em sistema de plantio direto ou convencional.

PD = plantio direto; SC = sistema convencional; MP1= mistura de plantas 1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas); MP2 = mistura de plantas 2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas); MP3 = vegetação espontânea.

No estágio de maturação (59 a 73 DAT) a colonização micorrízica total e arbúscular começaram a diminuir, apresentando grau de colonização respectivamente de 25,7 e 5,4%, enquanto que a colonização vesicular tendeu a aumentar (1,02%) (Tabela 5.2). Talvez o

comportamento da colonização total e arbuscular possa se explicar pelo fato de as plantas do meloeiro já terem atingido o seu máximo desenvolvimento, e estarem na fase de senescência.

Quanto ao aumento da colonização vesicular no fim do ciclo do meloeiro, é comum o número de vesículas aumentar em raízes velhas ou mortas, pois, além das vesículas servirem como estrutura de armazenamento do fungo, elas também desempenham o papel de órgãos de repouso e de propagação do mesmo (SILVEIRA, 1992; MÜLLER et al., 2017).

Tabela 5.2. Dinâmica da colonização micorrízica durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de meloeiro cultivado no semiárido irrigado

TEMPO (Dias após o transplântio - DAT)	Colonização micorrízica (%)		
	Total	Arbuscular	Vesicular
17	37,4 bcd	11,2 d	0,94 a
23	41,7 bc	25,5 ab	0,51 a
30	31,2 de	19,6 bc	0,15 a
38	22,5 f	11,9 d	0,35 a
46	35,1 cd	19,7 bc	0,33 a
52	42,7 b	21,0 bc	0,28 a
59	51,2 a	29,6 a	0,09 a
66	51,0 a	18,9 c	0,39 a
73	25,7 ef	5,4 e	1,02 a

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de significância.

Em relação aos tipos de misturas de plantas, não houve diferença significativa sobre a dinâmica da colonização radicular total e arbuscular, exceto para a colonização vesicular, onde foi constatado um aumento 38 dias após transplântio para os tratamentos com mistura de plantas 2, e aos 73 dias após transplântio para as misturas de plantas 1 e 2. De modo geral, o uso de misturas de plantas em forma de coquetel vegetal ou de vegetação espontânea para a cobertura do solo, podem promover o aumento da infectividade micorrízica do solo (SANTANA; LIMA, GIONGO, 2013). As misturas de plantas 1 e 2 apresentavam espécies de plantas gramíneas em sua composição, o que pode ter influenciado na colonização micorrízica de modo geral, pois foi constatado por Turrini et al. (2017), que a presença de gramíneas em pomares de macieira não apresentou diferença na colonização micorrízica.

Quanto aos manejos, houve diferença significativa na dinâmica da colonização radicular total e arbuscular. Nos tratamentos em que a fitomassa das misturas de plantas foi aplicada por revolvimento do solo, as médias foram menores que as dos tratamentos aplicadas por deposição superficial (Tabela 5.3). Não houve diferença significativa para a colonização vesicular. Práticas de manejo menos intensivas como o plantio direto, que tem como uma das suas características o

não revolvimento do solo, pode aumentar a diversidade e a estabilidade da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (GOTTSHALL et al., 2017).

Tabela 5.3. Efeito do manejo do solo sobre a colonização micorrízica durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de meloeiro cultivado no semiárido irrigado

Manejo	Colonização micorrízica (%)		
	Total	Arbuscular	Vesicular
Convencional/revolvimento do solo	28,8 b	13,6 b	0,42 a
Plantio direto/sem revolvimento	46,4 a	22,6 a	0,47 a

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de significância.

Hu et al. (2015) ao realizarem um estudo sobre a comparação da composição de espécies e a função ecológica de FMA do solo durante o crescimento e a rotação de culturas sob plantio direto e convencional de milho-trigo, constataram que em comparação com o plantio direto, o plantio convencional afetou negativamente a comunidade de FMA no estágio de semeadura do milho, levando a decréscimos nos índices médios da colonização micorrízica radicular (28 a 20% respectivamente) no estágio do milho. Silvana et al. (2018) também constataram em um trabalho sobre dinâmica da colonização micorrízica em erva-mate que as práticas de manejo mais intensas diminuíram os percentuais de colonização arbuscular, comprovando que as práticas agrícolas são uma fonte de perturbação que afeta tanto a dinâmica quanto a diversidade de FMA.

Portanto, investir em sistemas de manejos conservacionistas como plantio direto e uso de misturas de plantas de cobertura, podem contribuir para aumentar a estabilidade, diversidade e estabilidade dos FMAs, bem como melhorar seus benefícios nas plantas e para os solos de cultivos (GOTTSHALL et al, 2017).

CONCLUSÕES

A colonização micorrízica do meloeiro nos diferentes estádios vegetativos tiveram perfil semelhante, contudo o sistema de plantio direto apresentou maiores médias que o sistema convencional.

A dinâmica da colonização micorrízica total e arbuscular apresentaram comportamento semelhante durante o ciclo do meloeiro.

As misturas de plantas de cobertura apresentaram efeitos semelhantes entre si sobre colonização micorrízica do meloeiro.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Semiárido e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALLEN, G. R.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. **Rome**. 1998. p. 1–15.

ANGELINI, R. G. A.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; TORRES, J. L. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 115-130, 2012.

BADRI, D. V.; VIVANCO, J. M. Regulation and function of root exudates. **Plant, Cell & Environment**, v. 32, p. 666-681, 2009.

CLAASSENS, A.; NOCK, C. J.; ROSE, M. T.; ZWIETEN, L. V.; ROSE, T. J. Colonisation dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes in the sugarcane crop cycle. **Rhizosphere**, v. 7, p. 18–26, 2018.

COSTA, N. D.; YURI, J. E. GIONGO, V.; ANGELOTTI, F. Sistema convencional de produção de melão no Submédio do Vale do São Francisco. In: FIGUEIRÊDO, M. C. B.; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. (Org.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília, DF: Embrapa, 2017, p. 34-45.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; SIMON, J.; BORCIONI, E.; LUZ, G. L. JASNIEWICZ, L.R.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; MÜLLER, L. Consumo hídrico do meloeiro hidropônico em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v. 14, p. 318-326, 2006.

FARIAS, D.H.; PINTO, M. A. B.; CARRA, B.; SCHUCH, M. W.; SUZA, P.V.D. Desenvolvimento de mudas de mirtilheiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 655–663, 2014.

GIONGO, V.; GONDIM, R. S.; SALVIANO, A. M.; PEREIRA FILHO, A.; VEZZANI, F. M. Estratégias para uma agricultura de baixa emissão de carbono no cultivo de meloeiro. In: FIGUEIRÊDO, M. C. B.; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. (Org.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília, DF: Embrapa, 2017, p. 214-231.

GOTTSHALL, C. B.; COOPER, M.; EMERY, S. M. Activity, diversity and function of arbuscular mycorrhizae vary with changes in agricultural management intensity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 241, p. 142–149, 2017.

HU, J.; YANG, A.; ZHU, A. WANG, J.; DAI, J.; WONG M. H. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity, root colonization, and soil alkaline phosphatase activity in response to maize-wheat rotation and no-tillage in North China. **Microbiology**, v. 53 p. 454–461, 2015.

IBGE, Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agrário 2017**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso 8 out. 2018.

IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2a aproximação**. 2. ed. Recife: IPA, 2008. 198 p.

MCGONIGLE, T. P.; MILLERS, M. H.; EVANS, D. G.; FAIRCHILD, G. L.; SWAN, J. A. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New phytologist**, v. 115, p. 495-501, 1990.

MEDEIROS, D. C.; MEDEIROS, J. F.; BARBOSA, M.A.G.; QUEIROGA, R. C. F.; OLIVEIRA, F. A.; FREITAS, F. A. W. E. S. Crescimento do melão Pele de Sapo, em níveis de salinidade e estágio de desenvolvimento da planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 16, p. 647–654, 2012.

MÜLLER, A.; NGWENE, B.; PEITER, E.; GEORGE, E. Quantity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungal storage organs within dead roots. **Mycorrhiza**, v. 27, p. 201–210, 2017.

OLIVEIRA, F.I.C.; NUNES, A.C.; SILVA, D. F.; SILVA, A.M.T. G.; ARAGÃO, S. A. F. A cultura do melão. In: FIGUEIRÊDO, M. C. B.; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. (Org.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília, DF: Embrapa, 2017, p. 18-31.

OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ALMEIDA, A. C. Determinação da evapotranspiração e dos coeficientes de cultura para as diferentes fases de desenvolvimento do melão (*Cucumis melo* L.) na região norte da Bahia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, p. 142-151, 2010.

OLIVEIRA, S.R. **Marcha de absorção e balanço de nutrientes no sistema solo planta para o meloeiro fertirrigado**. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical). Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – PB, 2017.

ORTAS, I. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. **Field Crops Research**, v. 125, p. 35–48, 2012.

PECHE FILHO, A. Mecanização do Sistema Plantio Direto. **O Agrônomo**, v. 57, p. 17-18, 2005.

PELLEGRINO, E.; OPIK, M.; BONARI, E.; ERCOLI, L. Responses of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi: a meta-analysis of field studies from 1975 to 2013. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 84, p. 210-217, 2015.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 55, p. 158-161, 1970.

ROUPHAEL, Y.; FRANKEN, P.; SCHNEIDER, C.; SCHWARZ, D.; GIOVANNETTI, M.; AGNOLUCCI, M.; PASCALE, S. BONINI, P.; COLLA, G. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 91–108, 2015.

SANTANA, S. M.; LIMA, R. L. F.; GIONGO, V. Efeito de diferentes tipos de cobertura do solo sobre propágulos de fungos micorrízicos arbusculares. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Florianópolis. 2013. 4 p.

SILVANA, V. M.; CARLOS, F. J.; LÚCIA, A. C.; NATALIA, A.; MARTA, C. Colonization dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in *Ilex paraguariensis* crops: Seasonality and influence of management practices. **Journal of King Saud University – Science**, 2018.

SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Ed.) **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. cap.19, p. 257-282.

SMITH, S.E., READ, D.J. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, Cambridge, 2008.

TURRINI, A.; AGNOLUCCI, M.; PALLA, M.; TOMÉ, E.; TAGLIAVINI, M.; SCANDELLARI, F.; GIOVANNETTI, M. Species diversity and community composition of native arbuscular mycorrhizal fungi in apple roots are affected by site and orchard management. **Applied Soil Ecology**, v. 116, p. 42–54, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) desempenham funções importantes nos diversos ecossistemas, sejam naturais ou agrícolas. Considerando o potencial que apresentam em favorecer o crescimento, desenvolvimento e produtividade de plantas de interesse agrícola, deve-se buscar conhecer os efeitos dos diversos manejos visando selecionar aqueles que sejam mais favoráveis à associação micorrízica e ao seu aproveitamento prático em ambientes agrários.

Como a associação micorrízica pode ser afetada por fatores das plantas, dos FMAs e das condições edafoclimáticas, estudos abrangendo FMAs e espécies de importância agrária no semiárido são importantes. Estratégias de cultivo que incluam o aproveitamento do potencial benéfico dos FMA são conservacionistas pois os benefícios dos FMA se estendem ao solo e aos agroecossistemas.

A associação micorrízica apresentou respostas positivas em decorrência da adoção de práticas agrícolas conservacionistas como adubação verde e plantio direto na cultura do meloeiro em condições irrigadas no semiárido, e foram mantidas em longo prazo, o que é desejável quando se busca a sustentabilidade dos sistemas de produção.

As informações a respeito da dinâmica da associação micorrízica em campo ainda são escassas, podendo ser utilizadas no planejamento da adubação mineral de agroecossistemas, resultando no uso eficiente de insumos agrícolas, favorecendo tanto o ambiente, quanto os produtores que podem reduzir os custos da produção agrícola.