

Micorrizas arbusculares em hortaliças das famílias Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae, Amaranthaceae e Brassicaceae, cultivadas sob manejo orgânico

Arbuscular mycorrhizae in vegetables from the families of Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae, Amaranthaceae and Brassicaceae, grown under organic management

DOI:10.34117/bjdv7n2-373

Recebimento dos originais: 10/01/2021

Aceitação para publicação: 10/02/2021

Pedro Henrique Sousa Silva

Graduado em Ciências Biológicas,
Universidade de Pernambuco *Campus* Petrolina, Petrolina, PE.
E-mail: pedrohenrique_bio@outlook.com

Iara Suila Almeida do Nascimento

Graduada em Ciências Biológicas,
Universidade de Pernambuco *Campus* Petrolina, Petrolina, PE.
E-mail: iarasuilla@hotmail.com

Cauê Barbosa Coelho

Mestrando em Ciências Ambientais
Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Universidade de Pernambuco *Campus* Petrolina, Petrolina, PE.
E-mail: cauepfs@gmail.com

Patrícia Barbosa da Silva

Mestre em Ciências Ambientais,
Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Universidade de Pernambuco *Campus* Petrolina, Petrolina, PE.
E-mail: patricia.bls@hotmail.com

Regina Lúcia Félix de Aguiar Lima

Doutora em Tecnologias Energéticas e Nucleares - Radioagronomia
Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Universidade de Pernambuco, BR 203, km 2, S/N, Vila Eduardo, 56328-903, Petrolina,
PE, Brasil
E-mail: regina.aguiar@upe.br

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) podem estabelecer associação simbiótica com a maioria das espécies de plantas, baseada no incremento da absorção de nutrientes para as plantas e no fornecimento de fotossintatos para os fungos. As plantas apresentam diferentes graus de micotrofia. Os FMA podem ser utilizados como ferramenta biotecnológica em culturas de interesse econômico, pois podem favorecer o crescimento e a produtividade vegetal, em condições variadas de cultivo. O objetivo neste estudo foi

avaliar a ocorrência e o grau de associação entre FMAs e hortaliças folhosas das famílias Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae, Amaranthaceae, e Brassicaceae, cultivadas de forma orgânica em uma horta comunitária urbana. Foram coletadas e analisadas raízes de plantas hortícolas para verificação o grau de colonização radicular por FMAs. As espécies avaliadas foram: alface comum, alface roxa e alface americana, pertencentes à família Asteraceae; beterraba e espinafre, da família Amaranthaceae; cebolinha, da família Aliaceae; coentro, cenoura e salsa, da família Apiaceae; couve, rabanete e rúcula, da família Brassicaceae. As raízes das plantas passaram por clareamento e coloração, sendo depois analisadas ao microscópio quanto à presença de estruturas de FMA: hifas, vesículas, arbúsculos e esporos. O grau de colonização micorrizica das raízes das variedades de alface (Asteraceae) variou entre 10 a 40%, com predomínio de estruturas do tipo hifas e vesículas. As raízes da cebolinha (Aliaceae) apresentaram colonização média igual a 16%, com presença predominante de hifas de FMA. As espécies da família Apiaceae apresentaram colonização variando entre 7,4 a 23%. As espécies da família Amaranthaceae, beterraba e espinafre, não apresentaram nenhum tipo de estrutura de FMA nas suas raízes. As espécies da família Brassicaceae apresentaram colonização variando entre 0 a 19,5%. Assim, as plantas hortícolas das diferentes famílias botânicas apresentaram variação na micotrofia, com espécies micotróficas nas famílias Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae; com espécies micotróficas e não micotróficas na família Brassicaceae e espécies não micotróficas na família Amaranthaceae.

Palavras chave: FMA, plantas micotróficas, plantas não-micotróficas.

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can establish a symbiotic association with most plant species, based on increased nutrient absorption for plants and the supply of photosynthesies for fungi. Plants have different degrees of mycotrophy. FMA can be used as a biotechnological tool in crops of economic interest, as they can favor plant growth and productivity, under different cultivation conditions. The objective of this study was to evaluate the occurrence and the degree of association between FMAs and leafy vegetables from the families Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae, Amaranthaceae, and Brassicaceae, grown organically in an urban community garden. Vegetable plant roots were collected and analyzed to verify the degree of root colonization by AMFs. The evaluated species were: common lettuce, purple lettuce and American lettuce, belonging to the Asteraceae family; beet and spinach, from the Amaranthaceae family; chives, from the Aliaceae family; coriander, carrot and parsley, from the Apiaceae family; Cabbage, Radish and Arugula, from the Brassicaceae family. The roots of the plants were bleached and colored, and then analyzed under a microscope for the presence of AMF structures: hyphae, vesicles, shrubs and spores. The degree of mycorrhizal colonization of the roots of the lettuce varieties (Asteraceae) varied between 10 to 40%, with a predominance of hyphae and vesicle type structures. The roots of chives (Aliaceae) showed average colonization equal to 16%, with a predominant presence of HIP hyphae. The species of the Apiaceae family showed colonization ranging from 7.4 to 23%. The species of the Amaranthaceae family, beet and spinach, did not present any type of AMF structure in their roots. The species of the Brassicaceae family showed colonization ranging from 0 to 19.5%. Thus, the horticultural plants of the different botanical families showed variation in myotrophy, with myotrophic species in the families Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae; with mycotrophic and non-mycotrophic species in the Brassicaceae family and non-mycotrophic species in the Amaranthaceae family.

Keywords: FMA, mycotrophic plants, non-mycotrophic plants.

1 INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pertencem ao filo Glomeromycota, são organismos biotróficos obrigatórios que formam uma associação importante com as raízes de muitas espécies de plantas (SOUZA, *et al.*,2010; SMITH; READ, 2008).

A associação formada entre os FMAs e as plantas é do tipo simbiótica mutualista, pois tanto as plantas quanto os fungos são favorecidos. As plantas têm benefícios decorrentes do aumento da absorção de água e nutrientes inorgânicos, e os FMAs recebem biomoléculas produzidas pelas plantas a partir da fotossíntese, especialmente fósforo (SMITH; READ, 2008; LIMA, 2020).

Os FMA colonizam a região cortical das raízes e nelas formam os seguintes tipos de estruturas: hifas intrarradiculares, vesículas e arbúsculos. As hifas são filamentos que formam o micélio dos fungos e tem como papel absorver água e sais minerais do solo. As vesículas são corpos globosos, ricas em lipídeos e servem de reserva. Os arbúsculos, resultante das ramificações das hifas existentes dentro das células corticais das raízes, tendo função de troca de metabólitos, sendo considerada a principal estrutura da simbiose (BONFANTE-FASOLO, 1984; SMITH; READ, 2008).

Os FMA estão presentes na maioria dos solos naturais na forma de diversos tipos de propágulos, esses propágulos micorrízicos incluem hifas, esporos e fragmentos de raízes colonizadas (SMITH; READ, 2008) eles são responsáveis pela formação e perpetuação das micorrizas nos variados ecossistemas (KABIR, 2005). A associação micorrízica tem um papel de grande importância no crescimento e estabelecimento das plantas de diversas espécies, incluindo as espécies de interesse agrícola (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O estabelecimento da simbiose é quase uma regra entre espécies de plantas, sendo exceções as famílias Brassicaceae, Amaranthaceae (HARLEY; SMITH, 1983).

O mercado de produtos orgânicos vem crescendo no Brasil, cerca de 30% a 40% ao ano, sendo cada vez mais consumidos pela população brasileira (CANAL RURAL, 2015). O modo de produção orgânico visa ao estabelecimento de sistemas agrícolas que sejam ecologicamente equilibrados, sendo importante para a melhoria da qualidade biológica do solo, pois sua prática é baseada na restrição ao uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, enfatizando a rotação de culturas e o controle biológico de pragas e

doenças (RIGBY; CACERES, 2001; SILVA *et al.* 2020). Esse tipo de agricultura busca produzir alimentos saudáveis, de elevado valor nutritivo e livres de contaminação por insumos utilizados na agricultura.

A adubação orgânica é praticada na região semiárida, com uso de esterco animal e adubos verdes. Essas práticas são eficientes em favorecer a fertilidade do solo e têm baixo custo para os produtores rurais. A adubação orgânica com restos vegetais ou esterco no cultivo, em anos sucessivos, pode promover aumento da qualidade de esporos de FMA no solo e aumento no grau de colonização micorrízica de algumas plantas cultivadas (SOUSA *et al.*, 2012; LIMA *et al.* 2013).

O objetivo neste estudo foi avaliar a ocorrência e o grau de associação entre FMAs e hortaliças folhosas das famílias Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae Amaranthaceae, e Brassicaceae, cultivadas de forma orgânica em uma horta comunitária urbana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi feito a partir de análises de plantas cultivadas na horta comunitária Sol Nascente, implantada na Escola de Referência em Ensino Médio Otacílio Nunes de Souza, localizada em Petrolina, Pernambuco.

A horta é cultivada sob manejo orgânico, pois os agricultores fertilizam o solo com esterco bovino e compostagem, a irrigação é manual realizada duas vezes por dia.

Foram coletados os sistemas radiculares de 12 plantas hortícolas: alface comum, alface roxa e alface americana, beterraba (*Beta vulgaris*), espinafre (*Spinacia oleracea*), cebolinha (*Allium schoenoprasum*), coentro, cenoura e salsinha, couve, rabanete e rúcula (Tabela 1).

Essas espécies/variedades são pertencentes a 5 famílias botânicas: Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae Amaranthaceae, e Brassicaceae (Tabela 1).

De cada espécie/variedade foram coletados os sistemas radiculares de 4 plantas, sendo selecionadas as plantas situadas nas fileiras centrais dos canteiros, para evitar o efeito de borda.

Tabela 1. Espécies/variedades e famílias botânicas de plantas hortícolas folhosas selecionadas para esse estudo

| Plantas hortícolas | Famílias botânicas |
|--|--------------------|
| Alface (<i>Lactuca sativa</i> L.) | Asteraceae |
| Alface Americana (<i>Lactuca sativa</i> L.) | Asteraceae |
| Alface roxa (<i>Lactuca sativa</i> L.) | Asteraceae |
| Beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.) | Amarantaceae |

| | |
|---|---------------|
| Cebolinha (<i>Allium fistulosum</i> L.) | Alliaceae |
| Cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) | Apiaceae |
| Coentro (<i>Coriandrum sativum</i> L.) | Apiaceae |
| Couve (<i>Brassica oleracea</i> L.) | Brassicaceae |
| Espinafre (<i>Tetragonia expansa</i> Murr.) | Amaranthaceae |
| Rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.) | Brassicaceae |
| Rúcula (<i>Eruca sativa</i> L.) | Brassicaceae |
| Salsinha (<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) A.W. Hill) | Apiaceae |

As raízes das plantas foram lavadas, e submetidas aos seguintes processos químicos: clareamento com KOH (2,5%) e água oxigenada alcalina, acidificação com HCl (1%), e coradas com azul de tripano (KOSKE; GEMMA, 1989).

Após esse processo as amostras foram analisadas ao microscópio quanto à presença de estruturas de FMA, hifas, vesículas, arbúsculos e esporos. De cada amostra foram analisados 20 segmentos de raízes, e em cada segmento, foram avaliados 10 campos (GIOVANETTI; MOSSE, 1980).

A colonização micorrízica das plantas foi comparada por análise de variância e as médias, teste de Tukey (5%), usando o programa STATISTICA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colonização micorrízica total e vesicular de plantas hortícolas apresentou diferenças entre espécies ($p < 0,05$) (Figura 1). As plantas não apresentaram arbúsculos nas raízes (dados não apresentados). A colonização total das plantas mostrou desde espécies não micotróficas, com raízes sem a presença de sinais de colonização por FMAs, até espécies micotróficas como colonização média variando entre 5 e 45 %. A colonização vesicular nas espécies micotróficas variou entre 12 a 20% (Figura 2).

As espécies de alface apresentaram colonização total variando entre 10 a 45% (Figura 1). No sistema radicular das variedades de alface (Asteraceae) foram verificadas estruturas de FMA, sendo que alface comum apresentou maior valor de colonização total que a americana.

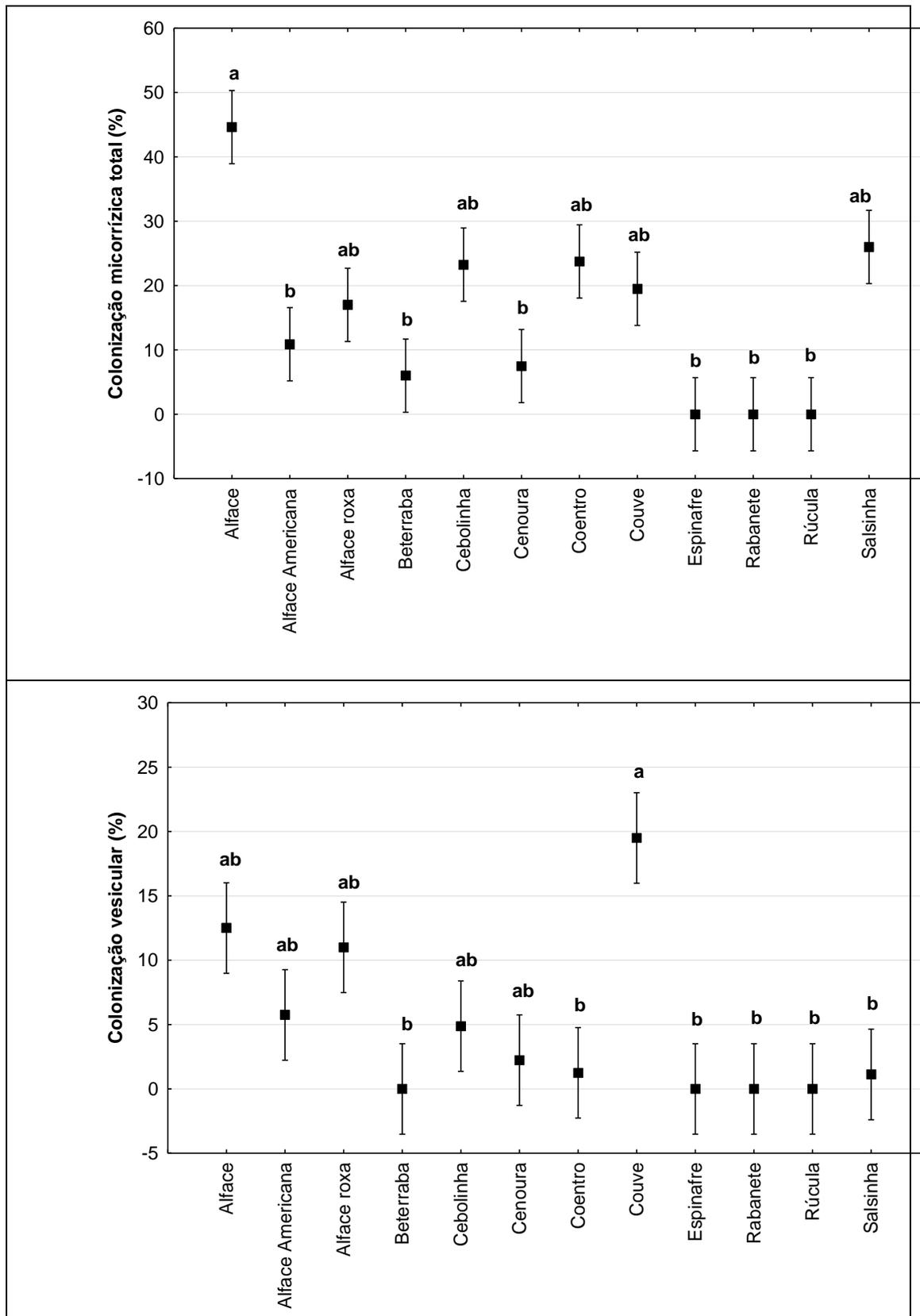


Figura 1. Colonização micorrízica total e vesicular (%) de diferentes espécies de hortaliças folhosas sob cultivo orgânico em horta urbana
Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no país e tem grande potencial de produção com adubação orgânica. A cultura da alface devido ao seu sistema radicular superficial e o curto ciclo cultural exige disponibilidade de nutrientes no solo, sendo assim o uso da biotecnologia micorrízica na produção da alface pode promover a absorção de nutrientes, em condições variadas de cultivo (TOBAR *et al.* 1994).

Espécies da família *Amaranthaceae*, beterraba e espinafre, não apresentaram nenhum tipo de estrutura de FMA nas suas raízes (Figura 1). Investigações sobre a condição micorrízica de espécies dessa família tem mostrado que geralmente não formam associação micorrízica, mas podem existir exceções (BRUNDRETT, 2002; CARDOSO; KUYPER, 2006; SOUZA *et al.*, 2006).

As raízes da cebolinha (*Aliaceae*) apresentaram colonização média de aproximadamente 23%, com presença predominante de hifas e baixa proporção de vesículas (Figura 1). A cultura de cebolinha é bem responsiva ao fósforo, porém existe um fator limitante na hora da absorção desse elemento, que é o seu sistema radicular fasciculado, para ter bons resultados na produção é preciso uma intensiva adubação. Uma das alternativas para produção da cebolinha é a associação micorrízica, pois estudos anteriores indicam que essa planta é bem responsiva aos FMAs obtendo assim melhor rendimento e um bom crescimento das plantas (BOLANDNAZAR *et al.*, 2007; JAIME, HSIANG; McDONALD, 2008; GOUSSOUS; MOHAMMAD, 2009; GALVAN *et al.*, 2011).

O grau de colonização micorrízica das raízes das plantas da família *Apiaceae* variou de 7,4 a 27%. A salsinha (*Apiaceae*) apresentou colonização total igual a 26%, o coentro e cenoura pertencentes à mesma família apresentaram 23,8% e 7,5 respectivamente (Figura 2).

As espécies coentro e salsinha (*Apiaceae*) apresentaram valores muito próximos quanto ao seu grau de colonização micorrízica, ressaltando que as raízes dessas espécies apresentaram hifas em sua maior parte, baixa presença de vesículas e a ausência de arbúsculos (Figura 2).

Todas as espécies da família *Apiaceae* avaliadas nesse estudo apresentaram associação de FMA em suas raízes. Estudo realizado com espécies da família *Apiaceae*, tendo sido verificada colonização radicular média 27,67 (\pm 4,3) para o coentro (URCOVICHE *et al.*, 2012). A adição de quantidades crescentes nitrogênio em solo natural (não inculado com FMA) aumentou o grau de colonização micorrízica de 14% para 37% no solo argiloso, e de 10% para 26 % em solo arenoso. Já quando os solos foram

inoculados com esporos de FMA, esses valores de colonização tiveram aumento, no solo argiloso sem adição de nitrogênio a colonização foi de 32%, já no tratamento que recebeu 75 mg de N /kg de solo a colonização teve aumento, e chegou a 80%, decrescendo com valores maiores de adição de nitrogênio. No solo arenoso, sem adição de nitrogênio a colonização foi igual a 30%, e chegou até 75% com a adição de 112,5 mg nitrogênio/kg de solo. Essas plantas apresentaram aumento de mais de 50% na produtividade. Isso indica que o manejo do solo para aumentar o número de esporos, ou a adição de esporos ao solo pode aumentar a colonização micorrízica das plantas e também a produtividade das mesmas.

As plantas da família Brassicaceae tiveram uma variação do grau de associação micorrízica de 0 a 19,5% (Figuras 1 e 2). O rabanete e a rúcula não apresentaram FMA associados as suas raízes, sendo 0% de colonização micorrízica. A couve apresentou 19,5% de colonização micorrízica total e também vesicular (Figura 1). As estruturas de FMA presentes nas raízes foram hifas e vesículas. Estudos realizados com o nabo forrageiro (*Brassica napus* L.- Brassicaceae), classifica essa espécie como uma planta não microtrófica (ALLEN, 1991; SOUZA *et al.*, 2006), ou seja, nunca forma micorriza, essa afirmação contrasta com a pesquisa desenvolvida por Gomide *et al.* (2009) que verificou colonização do nabo forrageiro por FMA. No estudo de Santos (2009) verificou-se colonização micorrízica na família *Brassicaceae*, em particular, na espécie mostarda (*Sinapis arvensis* L.). No estudo de Torres *et al.*, (2015) verificou-se efeito positivo no desenvolvimento de plantas de nabo colonizadas por FMA.

Verificou-se veracidade nos relatos de que há espécies da família *Brassicaceae* que não estabelecem associação micorrízica (HARLEY; SMITH, 1983), pois tanto verificou-se associação entre FMAs em espécies dessa família, quanto verificou-se que a rúcula apresentou-se não micotrófica nas condições desse estudo.

As cinco famílias de hortaliças folhosas avaliadas apresentaram variações significativas ($p < 0,05$) somente quanto à colonização micorrízica total, mas sem diferenças na colonização vesicular (Figura 2).

As hortaliças da família Asteraceae, Apiaceae e Alliaceae apresentaram os maiores valores de colonização total quando comparadas com Amaranthaceae e Brassicaceae ($p < 0,05$).

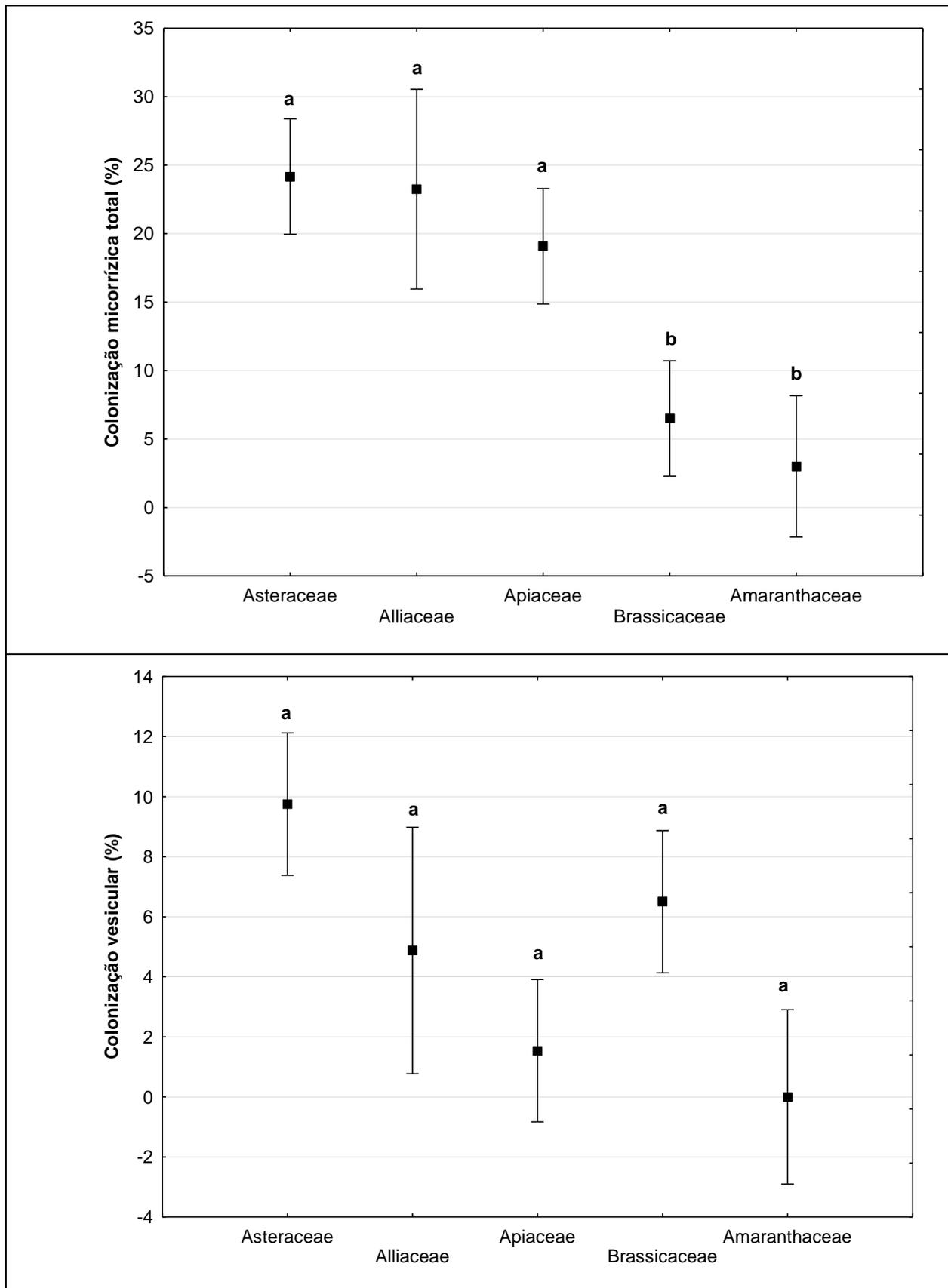


Figura 2. Colonização micorrízica total e vesicular (%) de hortaliças de diferentes famílias botânicas sob cultivo orgânico em horta urbana
Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As hortaliças folhosas têm sido beneficiadas com o uso de fertilizantes orgânicos, pois a utilização do mesmo tem mostrado efeito positivo tanto na qualidade da produção das plantas quanto para o meio ambiente. Exemplo disso é o aumento da biodiversidade do solo, com favorecimento de microrganismos que contribuem para o crescimento das plantas; e em longo prazo resulta em aumento da produtividade do solo (BOLANDNAZAR et al., 2007; JAIME, HSIANG; McDONALD, 2008; GOUSSOUS; MOHAMMAD, 2009; GALVAN et al., 2011). Por isso, a utilização de adubos orgânicos tem sido tão importante para o cultivo das hortaliças folhosas de modo geral, a alface é exemplo, pois está entre as que mais se beneficiam com o efeito positivo causado por esses adubos na fertilidade do solo. Tem sido observado um efeito positivo tanto no acúmulo dos nutrientes das plantas de alface e quanto no aumento da produção (SAMPAIO, 2012).

Destaca-se que o uso de fertilizantes inorgânicos em comparação ao adubo orgânico, produz geralmente aumento da produção, sendo comercialmente mais lucrativo, mas por outro lado, pode produzir também consequências danosas à saúde das pessoas e ao meio ambiente, como por exemplo, a contaminação do solo, da água, e a diminuição da microbiota do solo (MALAVOLTA, 1994). A agricultura orgânica tem gerado bons resultados, como diminuição da contaminação do ambiente, trazendo melhorias para a população que vive próxima aos locais de produção, oferecendo produtos de qualidades aos consumidores e ainda ajuda evitar algumas doenças, entre elas, dermatoses, cânceres e sequelas neurológicas (AZEVEDO, 2006 apud BADUE, 2007).

4 CONCLUSÃO

As plantas hortícolas apresentam micotrofia variável, tendo sido verificada em maior proporção de colonização micorrízica no sistema radicular de alface, cebolinha, salsinha e coentro. Espinafre, rabanete e rúcula foram espécies não micotróficas.

A colonização vesicular das plantas foi maior nas espécies de couve, ocorrendo na cebolinha em baixa proporção.

As plantas hortícolas das diferentes famílias botânicas apresentaram variação na micotrofia, com espécies micotróficas nas famílias Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae; com espécies micotróficas e não micotróficas na família Brassicaceae e espécies não micotróficas na família Amaranthaceae.

AGRADECIMENTO

Esse estudo foi realizado com o apoio da UPE, entidade do Governo do Estado de Pernambuco voltada para o fomento ao Ensino, Pesquisa e a Extensão, Edital PFA 04 2019.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M.F. **The ecology of mycorrhizae**. New York: Academic Press, 1991.
- AZEVEDO, E. **Alimentos orgânicos: ampliando os conceitos de saúde humana, ambiental e social**. Tubarão: Unisul, 2006.
- BADUE, A.F.B. **Inserção de hortaliças e frutas orgânicas na merenda escolar: as potencialidades da participação e as representações sociais de agricultores de Parelheiros, São Paulo**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública. São Paulo, 2007. 265p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BOLANDNAZAR, S.; ALIASGARZAD, N.; NEISHABURY, M.R.; CHAPARZADEH, N. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa* L.) yield and water use efficiency under water deficit condition. **Scientia Horticulturae**, v. 114, n. 1, p. 11-15, 2007.
- BONFANTE-FASOLO, P. Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. In: **VA Mycorrhiza**. Boca Raton: CRC Press, 1984.
- BRUNDRETT, M. C. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist**, v. 154, p. 275-304, 2002.
- CANAL RURAL. <http://www.canalrural.com.br/noticias/rural-noticias/mercado-organicos-cresce-ate-ano-56864>. Acesso em: 22 nov. 2015.
- CARDOSO, I.M.; KUYPER, T.W. Mycorrhizas and tropical soil fertility. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 116, p. 72-84, 2006.
- GALVÁN, G.A.; KUYPER, T.W.; BURGER, K.; KEIZER, L.C.P.; HOEKSTRA, R.F.; KIKK, C.; SCHOLTEN, O.E. Genetic analysis of the interaction between *Allium* species and arbuscular mycorrhizal fungi. **Theoretical and applied genetics**, v.122, n.5, p. 947-960, 2011.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, p. 489-500, 1980.
- GOUSSOUS, S.J.; MOHAMMAD, M.J. Comparative effect of two arbuscular mycorrhizae and N and P fertilizers on growth and nutrient uptake of onions. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 11, n. 4, p. 463-467, 2009.
- HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic, 1983.
- JAIME, M. D. L. A.; HSIANG, T.; MCDONALD, M. R. Effects of *Glomus intraradices* and onion cultivar on *Allium* white rot development in organic soil in Ontario. **Canadian Journal of Plant**, v. 30, n.4, p. 543-553, 2008.
- KABIR, Z. Tillage or no-tillage: impacto in mycorrhizae. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 85, n 1, p. 23-29, 2005.
- KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect mycorrhizas. **Mycological Research**, v. 92, p. 486-488, 1989.

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

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos. São Paulo: Prodquímica, 1994.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

RIGBY, D.; CACERES, D. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. **Agricultural Systems**, v. 68, p.21-40, 2001.

SAMPAIO, A.M.N.C., 2012. **O papel das micorrizas no modo de produção biológico da alface (*Lactuca sativa* L.)**. Dissertação mestrado, ESA, IPVC, Ponte de Lima, 64p.

SANTOS, E. A. **Microrganismos do solo no manejo integrado de plantas daninhas**. Dissertação (Fitotecnia). Viçosa – MG. 2009. 47f.

SILVA, M.H.C.; LIMA, L.A.F.; SILVA, C.S.; SILVA, B.V.; TAVARES, H.S.A. FALCÃO, W.H.R.; SOUSA, M.L.P.S.; LIMA, S.C. A importância da rotatividade de culturas na agricultura familiar. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 85649-85655, 2020.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3 ed. New York: Academic Press, 2008.

SOUSA, C.S.; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; OEHL, F.; MAIA, L.C.; GARRIDO, M.S.; LIMA, F.S. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi after organic fertilization in maize, cowpea and cotton intercropping systems. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, n.2, p.149-156, 2012.

SOUZA, F.R.; ROSA JUNIOR, E.J.; FIETZ, C.R.; BERGAMIN, A.C.; VENTUROSOS, L.R.; ROSA, Y.B.C.J. Atributos físicos e desempenho agrônomo da cultura da soja em um latossolo vermelho distroférrico submetido a dois sistemas de manejo. **Ciências e a Agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010.

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, n. 3, p. 612-6618, 2006.

TOBAR, R., AZCON, R., BAREA, J.M. Improved nitrogen uptake and transport from N-15 labeled nitrate by external hyphae of arbuscular mycorrhiza under water-stressed conditions. **New Phytologist**, v. 126, p. 119-122, 1994.

TORRES, F.E.; AVEIRO, M.C.; LIMA, K.N.; SILVA, Y.K.; TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P.; OLIVEIRA, E.P.; NICÁIO, J.; CORRÊA, C.C.G.; FERREIRA, R.S. Efeito da inoculação de fungos micorrízicos no desenvolvimento do nabo forrageiro. **Archivos de Zootecnia**, vol. 64, n. 245, p. 71-74, 2015.

URCOVICHE, R.C.; VOLPINI, A.F.N.; DIAS, D.C.; LOPES, A.R.; ZAGHI JUNIOR, L.L.; SOUZA, S.G.H.; ALBERTON, O. Micorrização e atividade microbiana de um solo cultivado com coentro e camomila. **Arq. Ciênc. Vet. Zool.**, v. 15, n. 2, p. 121-125, 2012.