

ECOLOGIA DA RIZOSFERA DE *PHASEOLUS VULGARIS* L. E A ABSORÇÃO DE FÓSFORO VIA SIMBIOSE MICORRÍZICA EM ARIDEZ

Cristiano Lucas Soma¹
Antônia Andrade Manuel²
Antônio Wanga Muteka³
Elcimar Simão Martins⁴

RESUMO

A rizosfera do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui um ambiente dinâmico onde interações planta-microrganismo influenciam fortemente a nutrição mineral, especialmente em condições de baixa disponibilidade de fósforo e restrição hídrica. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam simbioses mutualísticas com as raízes da maioria das plantas terrestres, ampliando o volume de solo explorado por meio de suas hifas extrarradiculares e facilitando a absorção de nutrientes pouco móveis, como o fósforo. Em ambientes áridos ou sob déficit hídrico, essa associação torna-se ainda mais relevante, pois a baixa umidade reduz a difusão do fósforo no solo. O presente trabalho teve como objetivo analisar o papel da simbiose micorrízica na absorção de fósforo pelo feijoeiro em condições de aridez, com base em evidências experimentais. A literatura demonstra que a inoculação com espécies de FMA, isoladas ou em consórcio, incrementa a colonização radicular, a concentração de fósforo nos tecidos, a biomassa e a eficiência de uso da água, mesmo sob regimes hídricos restritivos. Plantas micorrizadas apresentam maior capacidade de explorar o solo além da zona de depleção radicular, mantêm atividade enzimática favorável à solubilização de fosfato e demonstram melhor recuperação fisiológica após períodos de seca. Esses benefícios reforçam a importância da simbiose micorrízica como estratégia ecológica e biotecnológica para melhorar a nutrição fosfatada do feijoeiro em regiões com solos deficientes em fósforo e sujeitas a aridez, contribuindo para sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis.

Palavras-chave: Fungos micorrízicos arbusculares; *Phaseolus vulgaris*; fósforo; déficit hídrico e rizosfera.

Universidade Federal do ABC, Pós-graduação em Biotecnologia, Instituto Centro de Ciências Naturais e Humanas, Discente, ,
Discente, c.soma@ufabc.edu.br¹
UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERCIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA, Instituto de Ciências da Saúde, Discente,
muzazango@gmail.com²
UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERCIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA, Instituto de Ciências da Saúde, Discente,
mutekaomoge@gmail.com³
UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERCIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA
NATUREZA, Docente, elcimar@unilab.edu.br⁴

INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa de grande relevância alimentar e socioeconômica em regiões tropicais e subtropicais, sendo cultivado tanto em sistemas de agricultura familiar quanto em áreas de produção comercial. Nesses ambientes, a planta frequentemente enfrenta solos com baixa disponibilidade de fósforo e períodos de restrição hídrica (Püschel et al., 2021). O fósforo é um dos nutrientes mais limitantes nessas condições, pois apresenta baixa mobilidade no solo e forma compostos insolúveis com ferro, alumínio e cálcio, reduzindo drasticamente a fração disponível para absorção pelas raízes. Quando a disponibilidade de água também é limitada, a difusão do fosfato no solo diminui ainda mais, intensificando o déficit nutricional e comprometendo o crescimento e a produtividade da cultura (Smith e Smith, 2011).

A rizosfera, região de solo imediatamente adjacente às raízes, concentra as principais interações entre a planta e a microbiota edáfica. Dentre essas associações, a simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) destaca-se por sua capacidade de expandir o volume de solo explorado por meio das hifas extrarradiculares. Essa rede hifal aumenta a superfície de contato com o solo e facilita a aquisição de fósforo e de outros nutrientes pouco móveis (Smith e Read, 2008). Em condições de aridez, quando água e fósforo se tornam escassos ao mesmo tempo, essa associação se mostra particularmente vantajosa para a sobrevivência e o desempenho da planta (Augé, 2001).

Pesquisas têm demonstrado que a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em *Phaseolus vulgaris* promove maior colonização radicular, eleva a concentração de fósforo nos tecidos e aumenta a tolerância ao déficit hídrico, mesmo em solos naturalmente pobres nesse nutriente (Balliu et al., 2015; Püschel et al., 2021). Os FMA também influenciam a arquitetura do sistema radicular, favorecem a formação e a estabilidade de agregados do solo e melhoram as relações hídricas da planta, contribuindo para maior resiliência em ambientes áridos e semiáridos.

Nesse contexto, o presente resumo expandido analisa o papel da simbiose micorrízica na absorção de fósforo pelo feijoeiro cultivado sob condições de aridez, discutindo os mecanismos fisiológicos e ecológicos envolvidos, bem como as perspectivas de aplicação dessa associação em sistemas agrícolas sujeitos a restrições hídricas e nutricionais.

METODOLOGIA

Este trabalho configura-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa. O levantamento da literatura foi realizado nas bases de dados Scopus, Web of Science, SciELO e Google Scholar, empregando os descritores "*Phaseolus vulgaris*", "*arbuscular mycorrhizal fungi*", "*phosphorus uptake*", "*drought*" e "*aridity*" associados a operadores booleanos. Foram selecionados artigos experimentais e de revisão publicados predominantemente nos últimos vinte anos referentes à simbiose micorrízica e à absorção de fósforo em feijoeiro submetido ao estresse hídrico, correlacionando essas abordagens aos mecanismos fisiológicos identificados por Püschel et al. (2021). Priorizaram-se estudos que mensuraram a colonização radicular, a concentração de fósforo nos tecidos, o acúmulo de biomassa e os parâmetros fisiológicos representativos do status hídrico vegetal. Os trabalhos analisados compreenderam ensaios em casa de vegetação e em campo, contemplando variações no regime hídrico e a inoculação com espécies de FMA em estirpes isoladas ou em consórcios. A análise dos dados baseou-se na identificação dos padrões de resposta da cultura à presença dos FMA, bem como na discussão dos mecanismos subjacentes à captação de fósforo e à tolerância da espécie ao déficit hídrico.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A simbiose com fungos micorrízicos arbusculares amplia a capacidade de absorção de fósforo pelo feijoeiro, especialmente sob condições de baixa umidade. Em experimentos com gradientes de umidade do solo, plantas micorrizadas acumularam significativamente mais fósforo do que plantas não micorrizadas ao longo de toda a faixa de umidade testada, inclusive sob deficiência hídrica severa (Püschel et al., 2021). O benefício relativo da micorriza para a absorção de fósforo tornou-se mais pronunciado em condições de média e baixa umidade, indicando que a associação compensa a redução da difusão do fosfato no solo seco.

A rede de hifas extrarradiculares permite explorar volumes de solo além da zona de depleção criada pelas raízes, alcançando fósforo disponível em regiões não acessíveis ao sistema radicular convencional. Além disso, os FMA podem alterar as propriedades hidráulicas do substrato e manter atividade enzimática (como fosfatases) mesmo sob restrição hídrica, facilitando a solubilização e o transporte do nutriente (Smith e Smith, 2011; Püschel et al., 2021).

Em solos deficientes em fósforo, a inoculação com espécies nativas de FMA, como *Acaulospora tuberculata* e *Gigaspora gigantea*, isoladas de ambientes semiáridos, promoveu aumento na biomassa seca, na concentração de fósforo nos tecidos e na colonização radicular de *Phaseolus vulgaris* (Souza; Santos Batista, 2025). Esses resultados evidenciam o potencial de isolados adaptados a condições de aridez para melhorar a nutrição fosfatada da cultura.

A eficiência da simbiose, no entanto, varia conforme a espécie de FMA e as condições ambientais. Algumas estirpes isoladas de regiões úmidas demonstraram maior capacidade de melhorar as propriedades hidráulicas das raízes sob seca, enquanto outras originárias de ambientes secos apresentaram desempenho distinto (Quiroga et al., 2024). Independentemente da origem, a presença de FMA geralmente resulta em maior concentração de fósforo nos tecidos e em melhor status hídrico da planta sob restrição de água.

Os benefícios da micorriza não se limitam à absorção de fósforo. A associação também influencia a arquitetura radicular, a estabilidade de agregados do solo e a regulação de aquaporinas, contribuindo para a manutenção das relações hídricas sob aridez (Augé, 2001; Balliu et al., 2015). Assim, a simbiose micorrízica atua de forma integrada sobre a nutrição e a tolerância ao estresse hídrico no feijoeiro.

CONCLUSÕES

A associação entre o feijoeiro e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) é uma estratégia biológica crucial para contornar a escassez de água e nutrientes em regiões áridas. Em solos secos, o fósforo fica quimicamente retido e possui mobilidade reduzida, o que torna a absorção desse elemento um gargalo para as raízes da cultura, que possuem um raio de alcance limitado. A simbiose resolve esse problema por meio da expansão da rede de hifas extrarradiculares, que penetram nos microporos do solo inacessíveis ao sistema radicular. Esse emaranhado fúngico amplia drasticamente o volume de solo explorado, captando o fosfato disponível e superando as limitações físicas impostas pela baixa difusão do nutriente em condições de seca. Além do ganho nutricional, a rede fúngica capta a umidade retida nos poros mais profundos do solo, mantendo um fluxo contínuo de água para a planta durante períodos de estiagem. Essa hidratação suplementar sustenta a turgidez celular, estabiliza a abertura estomática e preserva a atividade fotossintética do feijoeiro, resultando em maior resiliência fisiológica sob estresse térmico e hídrico.

Para transformar esse mecanismo em uma ferramenta agrícola prática, destaca-se o uso de isolados de FMA

nativos já adaptados ao estresse ambiental local, combinados à seleção de genótipos de feijão que apresentem maior afinidade simbiótica. O fortalecimento dessa ecologia da rizosfera permite estruturar sistemas agrícolas mais sustentáveis, capazes de reduzir a aplicação de fertilizantes fosfatados industriais, diminuir os custos de produção e conferir estabilidade às lavouras diante do avanço das mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de estudo do primeiro autor, cujo apoio tem sido essencial para essa trajetória acadêmica e desenvolvimento de produções científicas, incluindo este resumo expandido.

REFERÊNCIAS

AUGÉ, R. M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Mycorrhiza**, v. 11, p. 3-42, 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s005720100097>. Acesso em: 21 ago. 2026.

BALLIU, A.; SALLAKU, G.; REWALD, B. AMF inoculation enhances growth and improves the nutrient uptake rates of transplanted, salt-stressed tomato seedlings. **Sustainability**, v. 7, p. 15967-15981, 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/12/15799>. Acesso em: 21 ago. 2026.

PÜSCHEL, D.; BITTERLICH, M.; RYDLOVÁ, J.; JANSÁ, J. Drought accentuates the role of mycorrhiza in phosphorus uptake. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 157, 108243, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003807172100103X>. Acesso em: 21 ago. 2026.

QUIROGA, G.; ERICE, G.; AROCA, R.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; RUIZ-LOZANO, J. M. Contrasting regulation of Phaseolus vulgaris root hydraulic properties under drought and saline conditions by three arbuscular mycorrhizal fungal species from soils with divergent moisture regime. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 24, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-024-01719-8>. Acesso em: 21 ago. 2026.

SOUZA, T.; SANTOS, D. S.; J. B.; BATISTA, D. S. An assessment of plant growth and physiological responses in annual crops grown in P deficient soils inoculated with indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 56, p. 1241-1251, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42770-025-01618-9>. Acesso em: 21 ago. 2026.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3. ed. London: Academic Press, 2008.

SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of P uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant P acquisition. **Plant Physiology**, v. 156, p. 1050-1057, 2011. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/156/3/1050/6109465>. Acesso em: 21 ago. 2026.



Não Ocupe
No Sítio, Ocio
XI SEMANA
UNIVERSITÁRIA

**Diversidade,
Inclusão e
Transformação Social**