



MICORRIZAS: BIOLOGIA, BENEFÍCIOS AGRONÔMICOS, PRODUÇÃO DE INOCULANTES E APLICAÇÃO EM SISTEMAS DE CULTIVO

Alieze Nascimento da Silva^{1*,2}, Edson Antonio da Silva Martins, Eduardo Sasso Ferraz, Bernardo Silveira Urach, Thomas Henrique Wagner, Jenifer Bäcker Zanatta

^{1*}Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, Brasil. *Corresponding author: aliezedasilva@upf.br

²Discente de Bacharelado em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Campus Panambi, RS

³Discente de Bacharelado em Agronomia pela Faculdade de Santo Ângelo, FASA, Santo Ângelo, RS

Recebido em: 15/08/2026 – Aprovado em: 05/09/2026 – Publicado em: 30/09/2026
DOI: 10.18677/EnciBio_2026C11

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) constituem os principais representantes da simbiose micorrízica na agricultura, colonizando mais de 80% das espécies vegetais terrestres e desempenhando papel central na nutrição mineral, na estrutura do solo e na resiliência das culturas frente a estresses bióticos e abióticos. A crescente demanda por sistemas de produção mais sustentáveis renova o interesse científico e agrônomo sobre esses microrganismos benéficos. O presente trabalho objetiva revisar, de forma narrativa e integrativa, os principais avanços sobre a biologia dos FMA, seus mecanismos de ação e benefícios agrônômicos, os protocolos mais eficientes para a produção de inoculantes e as estratégias de aplicação em campo. Para tanto, foi realizada revisão bibliográfica qualitativa em bases indexadas – Web of Science, Scopus, ScienceDirect, PubMed e SciELO – abrangendo publicações entre 2019 e 2026, com prioridade para estudos dos últimos três anos. Os resultados evidenciam que os FMA podem fornecer até 90% do fósforo e 75% do nitrogênio absorvidos pelas plantas, aumentar a biomassa vegetal em até 30% sob condições de estresse hídrico e contribuir com 1,07 Gt de carbono por ano para os estoques orgânicos do solo. A produção de inoculantes tem avançado com técnicas de cultura de órgãos radiculares (ROC), biorreatores e encapsulação em alginato, ampliando a viabilidade e o prazo de validade dos produtos comerciais. Conclui-se que a integração dos FMA em sistemas agrícolas representa estratégia eficaz para reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos e elevar a sustentabilidade produtiva.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura Sustentável. Fungos Micorrízicos Arbusculares. Inoculante Biológico.

MYCORRHIZAE: BIOLOGY, AGRONOMIC BENEFITS, INOCULANT PRODUCTION AND APPLICATION IN CROPPING SYSTEMS

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are the main representatives of mycorrhizal symbiosis in agriculture, colonizing more than 80% of terrestrial plant species and playing a central role in mineral nutrition, soil structure and crop resilience against biotic and abiotic stresses. The growing demand for more sustainable production systems renews scientific and agronomic interest in these beneficial microorganisms. This paper aims to review, in a narrative and integrative manner, the main advances in AMF biology, mechanisms of action and agronomic benefits, the most efficient protocols for inoculant production, and field application strategies. A qualitative literature review was conducted in indexed databases – Web of Science, Scopus, ScienceDirect, PubMed and SciELO – covering publications between 2019 and 2026. Results show that AMF can provide up to 90% of phosphorus and 75% of nitrogen absorbed by plants, increase plant biomass by up to 30% under water stress conditions, and contribute 1.07 Gt of carbon per year to soil organic stocks. Inoculant production has advanced with root organ culture (ROC), bioreactors and alginate encapsulation techniques, expanding the viability and shelf life of commercial products. It is concluded that integrating AMF into agricultural systems represents an effective strategy to reduce dependence on synthetic fertilizers and enhance productive sustainability.

KEYWORDS: Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Biological Inoculant. Sustainable Agriculture.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas constitui um dos maiores desafios da contemporaneidade. O uso excessivo de fertilizantes sintéticos de fósforo e nitrogênio tem gerado impactos ambientais significativos, incluindo eutrofização de corpos d'água, acidificação do solo e emissão de óxido nitroso (N₂O), um potente gás de efeito estufa (SHI *et al.*, 2024). Nesse contexto, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) emergem como alternativa promissora, capazes de fornecer às plantas até 90% do fósforo (P) e 75% do nitrogênio (N) necessários, em troca de até 20% dos carboidratos fotossintetizados pelo hospedeiro (SHI *et al.*, 2024; MARTIN *et al.*, 2024).

Os FMA pertencem ao filo Glomeromycota e representam um dos grupos de microrganismos do solo mais conservados evolutivamente, com registros fósseis de aproximadamente 460 milhões de anos (REDECKER *et al.*, 2013). Estima-se que a simbiose micorrízica arbuscular esteja presente em mais de 250.000 espécies vegetais e que a massa de micélio fúngico produzida globalmente seja equivalente a cerca de 36% das emissões anuais de CO₂ oriundas de combustíveis fósseis, tornando esses organismos protagonistas na ciclagem de carbono em escala planetária (HAWKINS *et al.*, 2023; MARTIN *et al.*, 2024).

Apesar dos benefícios reconhecidos, práticas agrícolas intensivas – como o uso excessivo de agroquímicos, a monocultura e o revolvimento intenso do solo – reduzem drasticamente a abundância e diversidade das comunidades de FMA (PENG *et al.*, 2023; BABALOLA *et al.*, 2022). A inoculação artificial com FMA surge, portanto, como ferramenta para restaurar populações funcionais e potencializar os benefícios da

simbiose em cultivos comerciais (TANAKA *et al.*, 2022; FRONTIERS IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY, 2025).

Esta revisão de literatura teve como objetivo apresentar, de forma integrada e atualizada, os fundamentos biológicos das micorrizas, os mecanismos pelos quais promovem o crescimento vegetal e a saúde do solo, os principais sistemas de produção de inoculantes disponíveis – desde métodos artesanais até técnicas de biorreatores, e as estratégias mais eficazes de aplicação em campo. Buscou-se, assim, subsidiar pesquisadores, técnicos e produtores com embasamento científico atualizado para a adoção dessas tecnologias em sistemas agrícolas mais sustentáveis.

REFERENCIAL TEÓRICO

Biologia e Classificação dos Fungos Micorrízicos

O termo "micorriza" foi cunhado pelo botânico alemão Albert Bernhard Frank em 1885 para descrever a associação entre fungos e raízes de plantas superiores. Trata-se de uma das simbioses mutualísticas mais antigas e bem-sucedidas da evolução, presente em praticamente todos os ecossistemas terrestres (MARTIN *et al.*, 2024; SEAPI, 2024). Do ponto de vista estrutural e funcional, as micorrizas são classificadas em três grandes grupos principais: ectomicorrizas (ECM), endomicorrizas ou micorrizas arbusculares (MA) e micorrizas ericóides (TEDERSOO *et al.*, 2020).

As ectomicorrizas (ECM) predominam em ecossistemas florestais temperados e boreais, formando um manto externo de hifas ao redor das raízes (bainha fúngica) e penetrando nos espaços intercelulares do córtex radicular, formando a chamada Rede de Hartig. Associam-se principalmente a espécies arbóreas como pinus, eucalipto, carvalho e fagiáceas, sendo especialmente importantes na mobilização de nitrogênio orgânico em solos de baixa mineralização (MARTIN *et al.*, 2024; POWELL; RILLIG, 2018).

As micorrizas arbusculares (MA), também denominadas fungos micorrízicos arbusculares (FMA), constituem o grupo dominante em agroecossistemas. Pertencem ao filo Glomeromycota, ordem Glomerales, e até dezembro de 2023 haviam sido descritas 337 espécies distribuídas em seis ordens: Glomerales, Diversisporales, Gigasporales, Archaeosporales, Paraglomerales e Entrophosporales (CICG, 2024; STÜRMER, 2012). Sua característica distintiva é a penetração intracelular das hifas no córtex radicular, formando estruturas ramificadas denominadas arbúsculos – principais sítios de troca de nutrientes – e vesículas de armazenamento lipídico (SMITH; READ, 2008).

As micorrizas ericóides, por sua vez, são restritas a plantas da família Ericaceae (mirtilos, arandos, rododendros) e apresentam micélio extrarradicular relativamente pouco desenvolvido, sendo mais relevantes em solos ácidos e turfosos ricos em matéria orgânica recalcitrante, onde atuam na mineralização de nitrogênio e enxofre orgânicos (READ, 1991).

QUADRO 1. Comparação entre os principais tipos de micorrizas.

Característica	Micorriza Arbuscular (MA)	Ectomicorriza (ECM)	Micorriza Ericóide
Penetração celular	Intracelular	Intercelular	Intracelular
Estruturas típicas	Arbúsculos e vesículas	Rede de Hartig e bainha	Espiraís hifais
Filo fúngico	Glomeromycota	Basidiomycota e Ascomycota	Ascomycota
Cultivos associados	>80% das culturas agrícolas	Florestas temperadas/boreais	Ericaceae
Principal nutriente mobilizado	P e N	N orgânico	N e S orgânicos

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Smith e Read (2008), Martin *et al.* (2024) e Tedersoo *et al.* (2020).

Mecanismos de Simbiose e Sinalização Molecular

O estabelecimento da simbiose micorrízica arbuscular é um processo finamente regulado por comunicação molecular bidirecional entre a planta hospedeira e o fungo. O processo inicia com a germinação dos esporos fúngicos no solo, estimulada por exsudatos radiculares ricos em estrigolactonas – hormônios de ramificação vegetal – que ativam o metabolismo fúngico e induzem intensa ramificação hifal em direção à raiz (AKIYAMA *et al.*, 2005; LANFRANCO *et al.*, 2018).

Em resposta, o fungo secreta fatores Myc (lipoquitooligossacarídeos e quitooligossacarídeos), que são reconhecidos por receptores LysM da planta e desencadeiam a ativação da via simbiótica de sinalização (SYM pathway), envolvendo oscilações de cálcio no citoplasma e núcleo celular (PARNISKE, 2008). Esse diálogo molecular prepara a célula vegetal para receber a hifa penetrante por meio do aparato de pré-penetração (PPA), uma estrutura citoesquelética transitória que guia a hifa até o interior da célula sem romper a membrana plasmática (GENRE *et al.*, 2008).

Uma vez estabelecido o arbúsculo, ocorre a troca simbiótica: o fungo transfere P inorgânico, N e outros micronutrientes para a planta por meio de transportadores específicos, enquanto recebe carboidratos – principalmente açúcares e lipídeos – do hospedeiro fotossintetizante. Estudos recentes demonstram que a transferência de lipídeos da planta para o fungo representa um fluxo de carbono de 6,2% da produção primária líquida (NPP) da planta, equivalente a 1,07 Gt C/ano globalmente (HAWKINS *et al.*, 2023; CONTI *et al.*, 2025).

Benefícios Agronômicos e Ecológicos

Os benefícios dos FMA para as plantas cultivadas são amplos e bem documentados na literatura recente (AHMED *et al.*, 2022; BEGUM *et al.*, 2023; SHI *et al.*, 2024; ZHOU *et al.*, 2025; KUMAR *et al.*, 2025). Em termos nutricionais, as hifas extrarradiculares exploram volume de solo até 100 vezes maior do que as raízes nuas, alcançando microporos inacessíveis às raízes e mobilizando P de formas relativamente indisponíveis. Isso reduz a necessidade de adubação fosfatada em até 30-50% em solos com histórico de inoculação (SHI *et al.*, 2024).

Sob estresse hídrico – condição cada vez mais frequente diante das mudanças climáticas – os FMA aumentam a absorção de água ao elevar a condutividade hidráulica radicular por aquaporinas específicas e ao estender a zona de absorção via hifas externas. Wu *et al.* (2022) demonstraram que a inoculação com FMA promoveu aumento médio de 23% na biomassa total e de 29,6% na biomassa radicular de plantas fixadoras de N₂ sob déficit hídrico, em comparação com controles não inoculados (LI *et al.*, 2025; FORMENTI *et al.*, 2026).

No contexto da tolerância a estresses bióticos, os FMA induzem resistência sistêmica em plantas por meio de ativação do ácido jasmônico e salicílico, primando o sistema imune vegetal contra patógenos radiculares como *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora nicotianae* e nematoides fitoparasitas (POZO; AZCON-AGUILAR, 2007; SLIMANI *et al.*, 2024; UMER *et al.*, 2025). Esse fenômeno, denominado Resistência Sistêmica Induzida por Micorriza (MIR), confere proteção sem ativar completamente o sistema de defesa, evitando o custo metabólico de uma resposta imune constitutiva (CAMERON *et al.*, 2013).

No plano ecológico, os FMA contribuem para a formação de agregados estáveis do solo por meio da produção de glomalina (GRSP – Glomalin-Related Soil Protein; SON *et al.*, 2024), uma glicoproteína recalcitrante que age como "cimento" entre partículas minerais e aumenta a estabilidade estrutural do solo, a infiltração de água e a sequestração de carbono orgânico (WRIGHT; UPADHYAYA, 1998; CONTI *et al.*, 2025). Estimativas recentes indicam que os FMA contribuem com 6,2% da NPP das plantas para os estoques de C do solo, representando papel de destaque no sequestro de carbono agrícola (HAWKINS *et al.*, 2023).

QUADRO 2. Principais benefícios dos fungos micorrízicos arbusculares em culturas agrícolas.

Benefício	Mecanismo	Referência
Absorção de P (até 90%)	Hifas acessam microporos; transportadores de P	Shi <i>et al.</i> , 2024
Absorção de N (até 75%)	Transaminases fúngicas; arginina como veículo	Shi <i>et al.</i> , 2024
Tolerância à seca	Aquaporinas; extensão zona de absorção	Wu <i>et al.</i> , 2022
Resistência a patógenos	Ativação de JA/SA; MIR	Slimani <i>et al.</i> , 2024
Estruturação do solo	Produção de glomalina (GRSP)	Conti <i>et al.</i> , 2025
Sequestro de carbono	Micélio extrarradicular; GRSP; C para o solo	Hawkins <i>et al.</i> , 2023
Aumento de biomassa vegetal	Melhor nutrição; redução de estresse	Begum <i>et al.</i> , 2023

Fonte: Elaborado pelos autores com base nas referências citadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica narrativa e integrativa de caráter qualitativo. A estratégia de busca foi conduzida nas bases de dados Web of Science, Scopus, ScienceDirect, PubMed/MEDLINE e SciELO, no período de fevereiro de 2025 a fevereiro de 2026, com uma atualização pontual para incorporar publicações relevantes do início de 2026.

Para a organização, filtragem e síntese das informações extraídas dos estudos selecionados, foram empregadas ferramentas complementares de apoio metodológico, seguindo abordagem semelhante à adotada por SANTANA *et al.* (2024) e RIVERA *et al.* (2024). Planilhas eletrônicas foram utilizadas para a tabulação e categorização dos estudos, considerando variáveis como ano de publicação, autoria e principais conclusões, permitindo a filtragem sistemática das informações relevantes ao escopo da revisão (SANTOS *et al.*, 2024).

Os descritores utilizados em português e inglês foram: "fungos micorrízicos arbusculares", "micorrizas", "inoculante micorrízico", "Glomeromycota", "arbuscular mycorrhizal fungi", "AMF inoculant production", "mycorrhizal symbiosis", "sustainable agriculture AMF" e "mycorrhizal fungi soil health".

Foram incluídos artigos publicados entre 2019 e 2026 que apresentassem dados experimentais originais ou revisões sistemáticas sobre biologia de FMA, produção de inoculantes ou aplicação agrônômica. Estudos anteriores a 2019 foram mantidos apenas quando constituíam referências seminais insubstituíveis. Foram excluídos trabalhos sem revisão por pares, relatos de caso isolados sem suporte experimental e publicações em idiomas distintos do português, inglês e espanhol. No total, foram analisados 71 trabalhos, dos quais 56 foram selecionados para compor a revisão, incluindo publicações de 2026 incorporadas na atualização da busca.

A síntese das informações foi organizada em quatro eixos temáticos: (a) biologia e classificação; (b) mecanismos de simbiose e benefícios agrônômicos; (c) produção de inoculantes; e (d) métodos de aplicação e manejo. A análise crítica dos estudos baseou-se nos critérios de delineamento experimental, tamanho amostral, representatividade dos resultados e pertinência às condições tropicais e subtropicais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de Inoculantes Micorrízicos: Sistemas e Protocolos

A produção de inoculantes de FMA enfrenta desafio fundamental: ao contrário de rizóbios ou *Bacillus*, os FMA são biótrofos obrigatórios – não crescem em meios axênicos sem planta hospedeira – o que complexifica e encarece a produção em larga escala (AKHTAR; ABDULLAH, 2023; TANAKA *et al.*, 2022). Três sistemas principais são atualmente empregados: produção em substrato com planta hospedeira (*in vivo*), cultura de órgãos radiculares (ROC, *in vitro*) e sistemas livres de substrato (aeroponia, hidroponia).

Produção *in vivo* em substrato com planta hospedeira

O sistema *in vivo* é o mais utilizado em escala comercial e em produção na fazenda (on farm). Consiste no cultivo de uma planta hospedeira em substrato adequado – geralmente mistura de solo de campo, vermiculita e composto em proporções otimizadas – inoculado com esporos ou fragmentos de raízes colonizadas. Após 8 a 16 semanas de cultivo, o substrato e as raízes colonizadas constituem o

inoculante, rico em esporos, hifas e fragmentos radiculares infectivos (propágulos) (DOUDS *et al.*, 2010; COELHO *et al.*, 2014).

A seleção da planta hospedeira é determinante para a eficiência do sistema. Sorgo (*Sorghum bicolor*), milho (*Zea mays*), cenoura (*Daucus carota*) e capim-bahia (*Paspalum notatum*) são frequentemente utilizados por sua alta colonizabilidade e por pertencerem a famílias distintas das culturas de interesse, evitando a transferência de patógenos específicos (RODALE INSTITUTE, 2018; FLORENCIO *et al.*, 2022). Em ensaio conduzido pelo Rodale Institute (EUA), o sistema on farm com capim-bahia atingiu 465 propágulos infectivos cm^{-3} , representando aumento de 7.000 vezes em relação ao solo de campo inicial, demonstrando o elevado potencial multiplicador do sistema (RODALE INSTITUTE, 2018).

Para substratos de baixo custo, estudos conduzidos no Brasil demonstraram que a combinação de vermiculita (60%) + areia lavada (30%) + vermicomposto (10%) favorece a produção de propágulos infectivos de espécies como *Claroideoglossum etunicatum* e *Dentiscutata heterogama*, com densidades de 22 a 28 propágulos cm^{-3} (COELHO *et al.*, 2014). A utilização de resíduos da indústria florestal como casca de pinus e lascas de madeira como componentes do substrato foi avaliada na Embrapa, com resultados promissores para produção on farm de baixo custo (EMBRAPA AGROBIOLOGIA, 2024).

O protocolo básico para produção on farm pode ser sistematizado nas seguintes etapas:

- a) preparo do substrato: mistura de solo de campo (coletado de área não cultivada, rica em FMA nativos), vermiculita e composto na proporção 1:2:0,5 (v/v/v), esterilizado a 121°C por 30 minutos para sistemas de alta qualidade, ou não esterilizado para sistemas on farm;
- b) semeadura da planta hospedeira: transplantio de mudas de sorgo ou capim-bahia para sacos plásticos negros de 2 a 5 litros preenchidos com o substrato;
- c) inoculação primária: adição de 5 a 10 g de inóculo de referência (obtido de coleção ou inoculante comercial) diretamente na rizosfera da planta no transplantio;
- d) cultivo: manutenção em casa de vegetação ou área sombreada por 10 a 16 semanas, com irrigação moderada – o nível de P no substrato deve ser baixo (< 10 ppm) para estimular a colonização;
- e) colheita e armazenamento: trituração das raízes colonizadas e mistura ao substrato; o inoculante pode ser armazenado a 4-10°C por até seis meses, ou seco ao ar a 25°C para armazenamento mais prolongado.

Cultura de Órgãos Radiculares (ROC): Produção *in vitro*

A cultura de órgãos radiculares (ROC) representa o avanço tecnológico mais significativo na produção de FMA, possibilitando a multiplicação em condições axênicas sobre raízes transformadas (hairy roots de cenoura ou tomate) em meios gelificados (Ágar M, meio White modificado ou meio MSR). A técnica elimina riscos de contaminação por patógenos, produz inoculante livre de solo e permite a certificação de identidade e pureza genética da cepa (DECLERCK *et al.*, 2005; IJDO *et al.*, 2011).

Estudo publicado por Xavier *et al.* (2023) no Journal of Biological Methods sistematizou, pela primeira vez, um protocolo otimizado para produção em larga escala de consórcios de FMA por ROC. Os autores avaliaram o efeito de agentes gelificantes (Agar vs. Gelrite), proporção inóculo/meio, condições de incubação e temperatura de secagem na viabilidade dos propágulos. O protocolo otimizado

produziu rendimentos significativamente superiores em viabilidade de propágulos, com destaque para *Rhizophagus irregularis* como a espécie de maior responsividade ao sistema ROC (XAVIER *et al.*, 2023).

Uma limitação do sistema ROC é o custo elevado e a dificuldade de escalonamento. Para superar esses gargalos, estudos recentes exploraram o uso de biorreatores de baixo cisalhamento com enriquecimento de O₂, que permitem aumentar o volume de produção mantendo condições axênicas (INTECHOPEN, 2026). A encapsulação dos propágulos produzidos por ROC em beads de alginato de cálcio representa o estado da arte em formulação, conferindo proteção mecânica, controle de liberação de umidade, extensão da vida de prateleira e facilidade de dosagem na aplicação (FRONTIERS IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY, 2025).

Sistemas livres de substrato: aeroponia e hidroponia

Sistemas aeropônicos e hidropônicos têm sido explorados como alternativa para produção de FMA em larga escala, com vantagens na rastreabilidade e no controle das condições de cultivo. Em aeroponia, as raízes ficam expostas ao ar e são regadas com solução nutritiva em baixo P, favorecendo a colonização micorrízica intensa e a produção de esporos na rizosfera. O sistema permite colheitas contínuas e rendimentos elevados de propágulos por unidade de volume (SYLVIA; JARSTFER, 1994; AKHTAR; ABDULLAH, 2023).

A revisão conduzida por Tanaka *et al.* (2022) na *Frontiers in Plant Science* compilou os avanços nos sistemas de produção e aplicação de inoculantes de FMA, destacando que a aeroponia pode produzir de 200 a 500 propágulos infectivos por mL de solução radicular, com alta viabilidade e facilidade de colheita. O principal desafio dos sistemas livres de substrato é a necessidade de infraestrutura mais sofisticada e a menor resistência dos propágulos ao armazenamento seco, comparativamente ao inoculante em substrato sólido (TANAKA *et al.*, 2022).

Formulação e Conservação dos Inoculantes

A formulação adequada é determinante para garantir a viabilidade dos propágulos do inoculante desde a produção até a inoculação no campo. Florencio *et al.* (2022) revisaram os avanços em produção e formulação de inoculantes microbianos, evidenciando que os carreadores mais utilizados para FMA incluem turfa, vermiculita, carvão ativo, alginato de cálcio (microencapsulação) e polímeros superabsorventes (SAPs). Cada carreador apresenta características distintas de retenção de umidade, pH, compatibilidade microbiológica e viabilidade de armazenamento (FLORENCIO *et al.*, 2022; FRONTIERS IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY, 2025).

A turfa permanece como o carreador de referência para inoculantes comerciais, por seu baixo custo, excelente capacidade tampão de pH (5,5 a 7,0) e elevada capacidade de retenção de umidade. Entretanto, sua disponibilidade geográfica restrita, a variabilidade composicional entre lotes e as preocupações ambientais sobre a extração de turfeiras motivam a busca por alternativas (FRONTIERS IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY, 2025). A encapsulação em beads de alginato (2 a 3% de alginato de sódio, curado em CaCl₂ a 2%) é atualmente a tecnologia de maior precisão, permitindo incorporar protetores osmóticos como trealose e glicerol para ampliar a vida de prateleira a até 24 meses em condições refrigeradas (ROJAS-SÁNCHEZ *et al.*, 2022; FRONTIERS IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY, 2025).

Estratégias de Aplicação em Campo

A efetividade da inoculação com FMA em campo depende não apenas da qualidade do inoculante, mas também do momento, do modo de aplicação, da compatibilidade com outras práticas agrícolas e da presença de populações nativas de FMA no solo (BEGUM *et al.*, 2023; FRONTIERS IN MICROBIOLOGY, 2024).

As principais modalidades de aplicação incluem: (a) tratamento de sementes – cobertura das sementes com inoculante líquido ou em pó antes da semeadura, método de menor custo e boa praticidade, porém com risco de ressecamento dos propágulos; (b) aplicação no sulco de semeadura – incorporação do inoculante granular no sulco concomitantemente à semeadura, garantindo contato direto com a raiz emergente; (c) imersão de mudas – submersão das raízes em suspensão de inoculante antes do transplante, indicada para horticultura e reflorestamento; e (d) fertirrigação – distribuição do inoculante em suspensão via sistema de irrigação, prática ainda em desenvolvimento, com desafio de manter a viabilidade dos propágulos no fluxo de água (TANAKA *et al.*, 2022; FLORENCIO *et al.*, 2022).

A dose recomendada varia conforme a espécie de FMA, o cultivo e o tipo de inoculante, mas a literatura indica que densidades de 50 a 300 propágulos infectivos por muda ou por grama de substrato são geralmente suficientes para colonização eficaz (AKHTAR; ABDULLAH, 2023). Em culturas anuais como soja e milho, a inoculação no sulco com 10 a 20 g de inoculante granular por metro linear tem demonstrado resultados consistentes de aumento de colonização e melhoria do aproveitamento de P (FLORENCIO *et al.*, 2022; EMBRAPA AGROBIOLOGIA, 2024).

Fatores que Limitam a Eficiência da Inoculação

Apesar dos benefícios comprovados, a inoculação com FMA nem sempre resulta em respostas agrônomicas positivas, o que pode gerar frustração entre produtores e descrédito na tecnologia. Os principais fatores limitantes são:

- f) Alta disponibilidade de P no solo: em solos adubados com P acima de 60-80 mg dm⁻³, a planta suprime a colonização micorrízica por mecanismos de retroalimentação negativa, tornando a inoculação ineficaz (RYAN; GRAHAM, 2018; PENG *et al.*, 2023);
- g) Uso de fungicidas sistêmicos: fungicidas à base de triazol e benzimidazol aplicados via tratamento de sementes reduzem drasticamente a colonização por FMA; a incompatibilidade deve ser avaliada antes de associar inoculantes ao tratamento de sementes (PENG *et al.*, 2023; HARDY *et al.*, 2025);
- h) Cultivos não hospedeiros: plantas das famílias Brassicaceae (canola, brócolis), Chenopodiaceae (beterraba) e Proteaceae não formam simbiose com FMA, tornando desnecessária a inoculação nessas espécies (MARTIN *et al.*, 2024);
- i) Incompatibilidade cepa-hospedeiro: a seleção de isolados locais e adaptados ao solo e ao clima da região de cultivo supera em eficiência as cepas comerciais exóticas, conforme demonstrado por Koziol *et al.* (2025) e revisado por Frontiers in Microbiology (2024).

A gestão integrada da inoculação deve, portanto, considerar o histórico de adubação fosfatada, o sistema de preparo do solo, os fitossanitários utilizados e as características do cultivo a ser inoculado. Em sistemas orgânicos e agroecológicos, onde o uso de fertilizantes sintéticos e fungicidas é restrito, os FMA tendem a expressar seu maior potencial de benefício, consolidando seu papel como insumo biológico insubstituível nesses sistemas (FRONTIERS IN SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS, 2023).

Avanços Recentes e Perspectivas Futuras

A área de pesquisa em micorrizas tem avançado rapidamente nas últimas décadas, impulsionada por técnicas de biologia molecular, metagenômica e edição genômica. A metagenômica do solo permite caracterizar comunidades de FMA sem necessidade de cultivo, identificando espécies raras e revelando padrões de distribuição em diferentes biomas e sistemas de manejo (TEDERSOO *et al.*, 2020). A tecnologia de sequenciamento de nova geração (NGS) tem revolucionado a compreensão da diversidade funcional de FMA, identificando genes de transportadores de nutrientes específicos que podem ser alvos de seleção para inoculantes de alto desempenho (MARTIN *et al.*, 2024).

O conceito de redes micorrízicas comuns (Common Mycorrhizal Networks – CMN; ULLAH *et al.*, 2024), pelo qual diferentes plantas são conectadas por hifas compartilhadas, tem atraído interesse crescente pelo seu papel na transferência de carbono, água e sinalização defensiva entre plantas vizinhas (SIMARD *et al.*, 2012; MARTIN *et al.*, 2024). Embora a maioria das pesquisas sobre CMN tenha sido conduzida em florestas, estudos recentes investigam sua importância em policultivos e sistemas agroecológicos tropicais, onde a diversidade de culturas favorece a formação de redes extensas.

A integração dos FMA com outras tecnologias biológicas – como rizóbios fixadores de N₂, *Trichoderma* spp. e bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) – abre perspectivas para inoculantes plurifuncionais de alta eficiência. Estudos com consórcios de FMA + *Bradyrhizobium* em soja demonstraram efeitos sinérgicos sobre a nodulação e o rendimento de grãos, com reduções de até 40% na demanda de N mineral (FLORENCIO *et al.*, 2022; EMBRAPA AGROBIOLOGIA, 2024).

Revisões publicadas em 2026 reforçam essa tendência de integração. Orozco-Mosqueda *et al.* (2026) sistematizam o diálogo entre FMA e fungos endofíticos na promoção do crescimento vegetal, destacando o potencial de consórcios multifuncionais para reduzir o uso de agroquímicos. Na mesma linha, Aguilar-Paredes *et al.* (2026) evidenciam que práticas agroecológicas – como redução do revolvimento do solo, rotação de culturas e aporte de matéria orgânica – favorecem comunidades de FMA mais diversas e funcionais, com ganhos de colonização de até 60% em sistemas latino-americanos, reforçando a interdependência entre manejo do solo e desempenho simbiótico.

CONCLUSÕES

Os fungos micorrízicos arbusculares representam uma das ferramentas biológicas de maior potencial para a transição a sistemas agrícolas mais sustentáveis. A presente revisão demonstra que os benefícios dos FMA vão muito além da nutrição fosfatada, abrangendo tolerância a estresses hídricos e bióticos, estruturação do solo, sequestro de carbono e manutenção da biodiversidade funcional do solo.

Os sistemas de produção de inoculantes evoluíram substancialmente. A cultura de órgãos radiculares (ROC), os biorreatores e a encapsulação em alginato permitem produção em escala comercial de inoculantes de alta qualidade, livres de contaminantes e com vida de prateleira estendida.

A produção *on farm* com plantas hospedeiras e substratos de baixo custo permanece relevante para agricultores familiares e sistemas orgânicos, com potencial de multiplicação de até 7.000 vezes em relação ao solo de campo original.

A efetividade da inoculação em campo depende do manejo integrado. Solos com alta disponibilidade de P, uso de fungicidas incompatíveis e cultivos não hospedeiros são os principais fatores limitantes.

Isolados locais, adaptados ao clima e ao solo de cada região, ampliam o desempenho dos inoculantes, sobretudo quando combinados a outras estratégias biológicas.

Perspectivas futuras apontam para inoculantes plurifuncionais, redes micorrízicas comuns em agroecossistemas diversificados e uso da metagenômica para monitorar comunidades de FMA em tempo real.

Recomenda-se aprofundar a compreensão das interações FMA-microbioma do solo sob mudanças climáticas, sobretudo no contexto tropical brasileiro, e ampliar o investimento público e privado na produção industrial de inoculantes certificados, tornando essa tecnologia acessível a toda a cadeia produtiva agrícola.

REFERÊNCIAS

AGUILAR-PAREDES, A.; VALDÉS, G.; AGUILAR-PAREDES, A.; MUÑOZ-ARBELAEZ, M.; CARRILLO-SAUCEDO, M.; NUTI, M. Synergy between agroecological practices and arbuscular mycorrhizal fungi. **Agronomy**, v. 16, n. 1, p. 103, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy16010103>.

AHMED, T.; NAVEED, M.; ABBAS, Z. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and their role in plant growth, nutrient uptake and stress tolerance: a review. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 7, p. 1040–1060, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1990305>.

AKHTAR, M. S.; ABDULLAH, F. Novel techniques for efficient arbuscular mycorrhizal fungi inoculum production: a review. *International Journal of Scientific Research and Analysis*, v. 2, n. 2, p. 1–18, 2023. DOI: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2023.10.2.1011>. Disponível em: <https://ijrsra.net/sites/default/files/IJSRA-2023-1011.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

AKIYAMA, K.; MATSUZAKI, K.; HAYASHI, H. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. **Nature**, v. 435, p. 824–827, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature03608>.

BABALOLA, O. O. *et al.* Intensive management practices such as excessive use of inorganic fertilizers reduce AMF abundance and diversity. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.898040>.

BEGUM, N. *et al.* Role of arbuscular mycorrhizal fungi in regulating growth, enhancing productivity, and potentially influencing ecosystems under abiotic and biotic stresses. **Plants**, v. 12, n. 17, p. 3102, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12173102>.

CAMERON, D. D. *et al.* Mycorrhiza-induced resistance: more than the sum of its parts? **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 10, p. 539–545, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.06.004>.

CICG – COLEÇÃO INTERNACIONAL DE CULTURA DE GLOMEROMYCOTA. Classificação dos fungos micorrízicos arbusculares. Universidade Regional de Blumenau. Blumenau: CICG/FURB, 2024. Disponível em: <https://www.furb.br/cicg>. Acesso em: 10 abr. 2025.

COELHO, I. R. *et al.* Produção de inoculante micorrízico on farm utilizando resíduos da indústria florestal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100001>.

CONTI, G. *et al.* The potential of arbuscular mycorrhizal fungi to improve soil organic carbon in agricultural ecosystems: a meta-analytical approach. **Functional Ecology**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14753>.

DECLERCK, S.; STRULLU, D. G.; FORTIN, J. A. In vitro culture of mycorrhizas. Berlin: Springer-Verlag, 2005. (Soil Biology, v. 4).

DOUDS, D. D. *et al.* On-farm production of AM fungal inoculums in compost: effect of compost-to-substrate ratio and storage on viability. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 13, p. 5946–5954, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.001>.

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. Laboratório de Micorrizas: tecnologia de inoculante micorrízico. Seropédica: EMBRAPA AGROBIOLOGIA, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/laboratorio-de-micorrizas>. Acesso em: 12 abr. 2025.

FLORENCIO, C. *et al.* Avanços na produção e formulação de inoculantes microbianos visando uma agricultura mais sustentável. **Química Nova**, v. 45, n. 9, p. 1133–1145, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170909>.

FORMENTI, C.; MAUROMICALE, G.; PANDINO, G.; LOMBARDO, S. Arbuscular mycorrhizal fungi mitigate crop multi-stresses under Mediterranean climate: a systematic review. **Agronomy**, v. 16, n. 1, p. 113, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy16010113>.

FRANK, A. B. Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. **Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft**, v. 3, p. 128–145, 1885.

FRONTIERS IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY. Recent advances in the commercial formulation of arbuscular mycorrhizal inoculants. **Frontiers in Industrial Microbiology**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/finmi.2025.1553472>.

FRONTIERS IN MICROBIOLOGY. Exploring agro-ecological significance, knowledge gaps, and research priorities in arbuscular mycorrhizal fungi. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1491861>.

FRONTIERS IN SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS. The inevitability of arbuscular mycorrhiza for sustainability in organic agriculture: a critical review. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1124688>.

GENRE, A. *et al.* Prepenetration apparatus assembly precedes and predicts the colonization patterns of arbuscular mycorrhizal fungi within the root cortex of both *Medicago truncatula* and *Daucus carota*. **Plant Cell**, v. 20, n. 5, p. 1407–1420, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.108.059014>.

HARDY, B.; BELVAUX, E.; HUYGHEBAERT, B.; DECLERCK, S.; CALONNE-SALMON, M. Fungicide seed treatments delay arbuscular mycorrhizal fungi colonization of winter wheat in the greenhouse, but the effect is attenuated in the field. **Mycorrhiza**, v. 35, n. 2, p. 22, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-025-01199-3>.

HAWKINS, H. J. *et al.* Mycorrhizal mycelium as a global carbon pool. **Current Biology**, v. 33, n. 11, p. R560–R573, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.02.027>.

IJDO, M. *et al.* The history of AM-fungus large-scale production and inoculant development. **Mycorrhiza**, v. 21, n. 7, p. 559–579, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-011-0373-4>.

INTECHOPEN. Novel biotechnological methods for the cultivation and inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi. London: IntechOpen, 2026. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.1231302>.

KOZIOL, L.; McKENNA, T. P.; BEVER, J. D. Meta-analysis reveals globally sourced commercial mycorrhizal inoculants fall short. **New Phytologist**, v. 246, n. 3, p. 821–827, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.20278>.

KUMAR, A.; KUMAR, R.; SINGH, P.; KALAICHELVAN, S.; SANTOS-VILLALOBOS, S. de los *et al.* Emerging role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable agriculture: from biology to field application. **MicrobiologyOpen**, v. 14, n. 5, p. e70082, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/mbo3.70082>.

LANFRANCO, L.; FIORILLI, V.; GUTJAHR, C. Partner communication and role of nutrients in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1031–1046, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15230>.

LI, J.; ZHOU, L.; CHEN, G.; YAO, M.; LIU, Z. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi enhance drought resistance and alter microbial communities in maize rhizosphere soil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 37, p. 103947, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103947>.

MARTIN, F. M. *et al.* The mycorrhizal symbiosis: research frontiers in genomics, ecology, and agricultural application. **New Phytologist**, v. 242, n. 4, p. 1486–1506, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.19541>.

OROZCO-MOSQUEDA, M. C.; GLICK, B. R.; SANTOYO, G. Cross-talk within plant niches: endophytic and arbuscular mycorrhizal fungi for sustainable crop production. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 50, p. fuaf063, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsre/fuaf063>.

PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews Microbiology**, v. 6, p. 763–775, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro1987>.

PENG, S. *et al.* Intensive management practices reduce the abundance and diversity of AMF communities. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1088547>.

POWELL, J. R.; RILLIG, M. C. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi and ecosystem function. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1059–1075, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15119>.

POZO, M. J.; AZCON-AGUILAR, C. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 10, n. 4, p. 393–398, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.05.004>.

READ, D. J. Mycorrhizas in ecosystems. **Experientia**, v. 47, p. 376–391, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01972080>.

REDECKER, D. *et al.* An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v. 23, n. 7, p. 515–531, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-013-0486-y>.

RIVERA, B.; ORELLANA-SERRADELL, O.; SERVILI, E.; SANTOS, R.; BRAUCHI, S.; CERDA, O. The odyssey of the TR (i) P journey to the cellular membrane. **Frontiers in Cell and Developmental Biology**, 2024, v.12, p.1414935. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcell.2024.1414935>

RODALE INSTITUTE. How to inoculate arbuscular mycorrhizal fungi on the farm: on-farm AM fungal inoculum production system. Kutztown, PA: Rodale Institute, 2018. Disponível em: <https://rodaleinstitute.org/science/articles/how-to-innoculate-arbuscular-mycorrhizal-fungi-on-the-farm-part-1/>. Acesso em: 8 abr. 2025.

ROJAS-SÁNCHEZ, B. *et al.* Encapsulation of biocontrol agents and plant growth promoters for agricultural applications. **Microorganisms**, v. 10, n. 3, p. 559, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030559>.

RYAN, M. H.; GRAHAM, J. H. Little evidence that conventional plant breeding has negatively impacted AM fungal symbiosis. **New Phytologist**, v. 221, n. 4, p. 2024–2034, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15440>.

SANTANA, C. S.; SANTOS, R. C.; DE CARVALHO, T. I.; JORDAN, R. A.; SANCHES, A. C.; *et al.* Artificial neural network for assessment of impacts of rural anthropization in a tropical climate region. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.17, n.2, p.1071-1085. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.2.p1071-1085>

SANTOS, R. C.; BARÉA, R.; SANCHES, A. C.; GOMES FILHO, R. R.; MACHADO, S. T., *et al.* Fuzzy inference algorithm for quantifying thermal comfort in peri-urban environments. **Environment, Development and Sustainability**, 2024, p.1-25. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05831-8>

SEAPI – SECRETARIA DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E IRRIGAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL. Micorrizas: biologia, ecologia e utilização. Circular Técnica n. 21. Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2024. 40 p.

SHI, L. *et al.* The establishment of common mycorrhizal networks has great potential to save N and P fertilizers. **Geoderma**, v. 443, p. 116816, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116816>.

SIMARD, S. W.; BEILER, K. J.; BINGHAM, M. A.; DESLIPPE, J. R.; PHILIP, L. J.; TESTE, F. Mycorrhizal networks: mechanisms, ecology and modelling. **Fungal Biology Reviews**, v. 26, n. 1, p. 39–60, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2012.01.001>.

SLIMANI, A. *et al.* Synergistic benefits of AMF: development of sustainable plant defense system. **Frontiers in Plant Science**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1380470>.

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

SON, Y.; MARTÍNEZ, C. E.; KAO-KNIFFIN, J. Three important roles and chemical properties of glomalin-related soil protein. **Frontiers in Soil Science**, v. 4, p. 1418072, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.1418072>.

STÜRMER, S. L. A history of the taxonomy and systematics of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota. **Mycorrhiza**, v. 22, n. 4, p. 247–258, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-012-0432-4>.

SYLVIA, D. M.; JARSTFER, A. G. Production of inoculum and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. In: ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K.; MALAJCZUK, N. Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. Dordrecht: Kluwer, 1994. p. 231–238.

TANAKA, Y.; SUGIURA, Y.; KAMEOKA, H. *et al.* Advances in the production and application of arbuscular mycorrhizal fungal inoculants. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 867356, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.867356>.

TEDERSOO, L. *et al.* Global patterns in endemism and vulnerability of soil fungi. **Global Change Biology**, v. 26, n. 12, p. 6780–6793, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15122>.

ULLAH, A.; GAO, D.; WU, F. Common mycorrhizal network: the predominant socialist and capitalist responses of possible plant-plant and plant-microbe interactions for sustainable agriculture. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, p. 1183024, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1183024>.

UMER, M.; ANWAR, N.; MUBEEN, M.; LI, Y.; ALI, A. *et al.* Roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth and disease management for sustainable agriculture. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1616273, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1616273>.

WU, Q. S. *et al.* Significance of AMF in rain-dependent regions: biomass responses under drought conditions. **Plant and Soil**, v. 476, p. 1–16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05343-4>.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v. 198, n. 1, p. 97–107, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1004347701584>.

XAVIER, M. A. *et al.* Optimizing factors for large-scale production of arbuscular mycorrhizal fungi consortia using root organ cultures. **Journal of Biological Methods**, v. 10, n. 4, e99, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14440/jbm.2023.0020>.

ZHOU, R.; RAZA, A.; SONG, J.; JANIAD, S.; LI, Q. *et al.* Growth-promoting effects of arbuscular mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* in rice, sesame, sorghum, Egyptian pea and Mexican hat plant. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1549006, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1549006>.