

Os fungos micorrízicos comerciais na agricultura do Interior Centro e Norte de Portugal

Os fungos micorrízicos estabelecem relações mutuamente benéficas com as plantas cultivadas. Estas fornecem produtos da fotossíntese aos fungos e recebem em troca água e nutrientes. A aplicação de fungos micorrízicos comerciais não garante, contudo, benefícios para as plantas. As plantas estabelecem estas associações com a microbiologia nativa do solo, pelo que a aplicação de microrganismos comerciais pode ser redundante. Nestes textos discute-se se os fungos comerciais podem ser ferramentas úteis ao incremento da sustentabilidade dos sistemas de produção.

M. Ângelo Rodrigues e Margarida Arrobas . CIMO, Instituto Politécnico de Bragança

Carlos M. Correia . CITAB, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Enquadramento

Nos últimos anos, têm surgido no mercado uma grande diversidade de biofertilizantes, incluindo alguns que são compostos por fungos micorrízicos. De acordo com regulamentação comunitária recente, os biofertilizantes foram enquadrados comercialmente no grupo dos bioestimulantes para as plantas [Regulamento (UE) 2019/1009, de 5 de junho].

Ainda que não restem dúvidas sobre os benefícios potenciais destes microrganismos para as plantas, a forma e os contextos em que os agricultores deles podem tirar partido são completamente incertos, devido à ausência de investigação agronómica sobre o assunto. A agricultura do Interior Centro e Norte de Portugal parece, contudo, estar enquadrada no contexto agroecológico onde estes produtos poderão ter um papel relevante, designadamente os setores da oliveira e da amendoeira, nas zonas quentes, e o castanheiro nas zonas frias de montanha.

Os fungos micorrízicos e sua relação com as plantas

Os fungos estabelecem associações mutualísticas com um elevado número de plantas superiores. Estima-se que aproximadamente 90% das espécies vegetais desenvolva uma relação simbiótica com fungos micorrízicos (Lanfranco *et al.*, 2016). Alguns fungos invadem o interior das células do córtex das raízes das plantas e formam estruturas arbuscu-

lares que facilitam a troca de nutrientes e água com a planta hospedeira. São conhecidos como fungos micorrízicos arbusculares e formam com as plantas terrestres a associação entre microrganismos e plantas de maior distribuição na rizosfera. Pensa-se que os fungos micorrízicos arbusculares estejam associados com 80% das plantas terrestres, incluindo a maioria das plantas cultivadas (Valentine *et al.*, 2013). Os fungos micorrízicos formam uma extensa rede de hifas no solo, com elevada capacidade para absorção de água e nutrientes (Calvo-Polanco *et al.*, 2013). Um dos papéis melhor documentado dos fungos micorrízicos é o fornecimento de fósforo à planta hospedeira, sobretudo quando os solos têm pouco fósforo disponível (Ortas e Bykova, 2018; Rodrigues *et al.*, 2021). Para além da capacidade acrescida de explorar o solo através da rede de hifas, os fungos micorrízicos dispõem de diversos outros mecanismos para aceder a fósforo pouco disponível para as plantas, designadamente através da libertação na rizosfera de fosfatases (ácidas ou alcalinas) que solubilizam fósforo e o tornam biodisponível (Miransari *et al.*, 2013; Priyadharsini e Muthukumar, 2017). O fósforo não é, contudo, o único nutriente que os fungos podem disponibilizar para as plantas. Dependendo das condições de crescimento, as plantas micorrizadas têm acesso privilegiado à generalidade de outros elementos essenciais como azoto, potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes (Marschner e Dell, 1994; Koller *et al.*, 2013; Tekaya *et al.*, 2016). Os benefícios para as plantas da relação com fungos micorrízicos não se restringem a melhor acesso a nutrientes em falta. A extensa rede de hifas facilita o acesso a água, o que pode favorecer o crescimento das plantas hospedeiras em condições de stress hídrico (Dag *et al.*, 2009; Ouledali *et al.*, 2018). Os fun-



Figura 1 – Erosão em olival no Interior Norte de Portugal

gos micorrízicos podem ainda aliviar a planta da toxicidade de metais pesados, em solos contaminados, restringindo a mobilidade para a parte aérea (Luo *et al.*, 2014; Zhan *et al.*, 2018), aumentar a tolerância das plantas à salinidade dos solos (Porrás-Soriano *et al.*, 2009; Calvo-Polanco *et al.*, 2013) ou a *stresses* bióticos diversos (Lanfranco *et al.*, 2016; Berdeni *et al.*, 2018). Para além do fornecimento dos nutrientes e água, as hifas dos fungos constituem-se como a principal forma de entrada de carbono no solo. O micélio dos fungos é a via dominante pela qual o carbono da fotossíntese entra na matéria orgânica do solo, excedendo as entradas pela deposição das folhas e renovação anual de raízes finas (Godbold *et al.*, 2006; Högberg *et al.*, 2020). Acresce que os fungos micorrízicos podem reduzir a decomposição do substrato orgânico, mantendo estáveis os níveis de matéria orgânica no solo (Leifheit *et al.*, 2015).

Contexto agroecológico do Interior Centro e Norte de Portugal

Em vastas áreas do Interior Centro e Norte de Portugal, a agricultura é feita em condições ambientais marginais. A

generalidade dos solos apresenta declive elevado, o que os expõe a erosão hídrica, sobretudo quando cultivados (Figura 1). Normalmente, apresentam reduzida espessura efetiva e reduzido teor de argila. Em consequência, são frequentemente solos pobres em nutrientes, com baixos níveis de matéria orgânica e reduzida capacidade de armazenamento de água (Arrobas *et al.*, 2018). Além disso, o carácter maioritariamente ácido dos solos desta região acentua o problema da indisponibilidade de fósforo devido a fenómenos de imobilização do elemento com ferro, alumínio e/ou manganês. No presente, a região não dispõe de infraestruturas de regadio, nem há perspectivas de que venha a dispor em áreas relevantes. O facto de os principais rios se encontrarem em vales muito encaixados, o elevado declive do território, a estrutura fundiária pulverizada em microparcelas e sem eletrificação são condicionantes dificilmente ultrapassáveis (Figura 2). O verão é quente e seco em grande parte do território e as perspectivas são de agravamento, atendendo à mudança climática, em que se prevê redução da precipitação anual e aumento da frequência de eventos extremos



Figura 2 – Paisagem salpicada por microparcelas em território de declive elevado

como ondas de calor e longos períodos de seca (Quinteiro *et al.*, 2019). A única agricultura da região dirigida para o mercado, para além do vinho, assenta em árvores de fruto, maioritariamente cultivadas em sequeiro e que presente-mente se encontra no limiar da sustentabilidade económica (Figura 3). Agricultura herbácea de regadio não é possível e a de sequeiro não é competitiva, com exceção de alguma horticultura para autoconsumo feita em pequenas hortas onde existe uma pequena captação de água.

Os fungos micorrízicos comerciais podem ser ferramentas úteis na sustentabilidade dos sistemas de produção

Encontrar alternativas culturais para este território é utopia. O caminho passa por melhorar a sustentabilidade dos atuais sistemas de cultivo. Desenvolver conhecimento agrónomico é urgente para melhorar a *performance* destes sistemas de produção, desde os sistemas de gestão do solo, a

nutrição das árvores, as podas e a proteção sanitária. Uma linha de pesquisa cujo desenvolvimento urge continuar a desenvolver é o uso de indutores de proteção, maioritariamente aplicados por via foliar, e condicionadores de solo e de forma particular o uso de biofertilizantes. Os benefícios potenciais do uso de fungos micorrízicos, por exemplo, parecem prometedores para a agricultura marginal da região, como se ressaltou no início deste trabalho. De notar também que os fungos micorrízicos comerciais que surgem no mercado não estão suportados em investigação que suporte o seu uso e assegure um benefício para os produtores num contexto particular, mas apenas no conhecimento de que os microrganismos que os produtos contêm estabelecem associações simbióticas com as plantas.

Apesar dos benefícios potenciais dos fungos micorrízicos, eles são ubíquos na natureza, encontrando-se genericamente dispersos nos territórios, o que pode fazer com que o uso de produtos comerciais possa ser redundante, face à boa



Figura 3 – Amendoal de sequeiro em representação dos sistemas de agricultura no limiar da sustentabilidade económica

adaptação dos microrganismos nativos. Por outro lado, os fungos micorrízicos arbusculares são biotróficos obrigatórios (Harrison, 2005; López-Ráez e Pozo, 2013), significando que vivem a expensas das plantas. Embora as plantas possuam mecanismos para evitar micorrização excessiva,

é necessário assegurar que, num contexto agroecológico concreto, os benefícios para as plantas compensam o preço que os produtores têm de pagar na sua aquisição e aplicação ao solo.

Assim, apesar de as condições ecológicas regionais parece-

PUB

CBRE
A G R I B U S I N E S S

ESPECIALISTAS
EM TRANSAÇÃO E AVALIAÇÃO
DE IMÓVEIS AGRÍCOLAS

rem enquadrar o contexto para o uso benéfico de fungos micorrízicos comerciais, são necessários estudos para estabelecer em que condições a agricultura pode tirar vantagens do uso efetivo dos prometedores produtos comerciais. ☹

Agradecimento

Grupo Operacional “Novas práticas em olivais de sequeiro: estratégias de mitigação e adaptação às alterações climáticas” (Iniciativa ID 278).

Grupo Operacional “EGIS, estratégias para a gestão do solo e da água em espécies produtoras de frutos secos” (Iniciativa ID 91).

Referências

- Arrobas, M.; Afonso, S.; Rodrigues, M.A. (2018). Diagnosing the nutritional condition of chestnut groves by soil and leaf analyses. *Sci Hortic*, **228**:113-121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.027>.
- Berdeni, D.; Cotton, T.E.A.; Daniell, T.J.; Bidartondo, M.I.; Cameron, D.D. and Evans, K.L. (2018). The effects of arbuscular mycorrhizal fungal colonisation on nutrient status, growth, productivity, and canker resistance of apple (*Malus pumila*). *Front Microbiol*, **9**:1461. doi:10.3389/fmicb.2018.01461.
- Calvo-Polanco, M.; Sánchez-Romera, B.; Aroca, R. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and the tolerance of plants to drought and salinity. In: Aroca, R. (ed). *Symbiotic endophytes*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 271-288.
- Dag, A.; Yermiyahu, U.; Ben-Gal, A.; Zipori, I.; Kapulnik, Y. (2009). Nursery and post-transplant field response of olive trees to arbuscular mycorrhizal fungi in an arid region. *Crop Pasture Sci*, **60**:427-433. <https://doi.org/10.1071/CP08143>.
- Godbold, D.L.; Hoosbeek, M.R.; Lukac, M.; Cotrufo, M.F.; Janssens, I.A.; Ceulemans, R.; Polle, A.; Velthorst, E.J.; Scarascia-Mugnozza, G.; Angelis, P.; Miglietta, F.; Peressoti, A. (2006). Mycorrhizal hyphal turnover as a dominant process for carbon input into soil organic matter. *Plant Soil*, **281**(1-2):15-24.
- Harrison, M.J. (2005). Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annu Rev Microbiol*. doi:10.1146/annurev.micro.58.030603.123749.
- Högberg, M.; Skjellberg, U.; Högberg, P.; Knicker, H. (2020). Does ectomycorrhiza have a universal key role in the formation of soil organic matter in boreal forests? *Soil Biol Biochem*, **140**:107635. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107635>.
- Koller, R.; Rodriguez, A.; Robin, C.; Scheu, S.; Bonkowski, M. (2013). Protozoa enhance foraging efficiency of arbuscular mycorrhizal fungi for mineral nitrogen from organic matter in soil to the benefit of host plants. *New Phytol*, **199**(1):203-211. <https://doi.org/10.1111/nph.12249>.
- Lanfranco, L.; Bonfante, P.; Genre, A. (2016). The mutualistic interaction between plants and arbuscular mycorrhizal fungi. *Microbiol Spectr*, **4**(6):1-20. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0012-2016>.
- Leifheit, E.F.; Verbruggen, E.; Rillig, M.C. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi reduce decomposition of woody plant litter while increasing soil aggregation. *Soil Biol Biochem*, **81**:323-328. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.12.003>.
- López-Ráez, J.A.; Pozo, M.J. (2013). Chemical signalling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: Biotechnological applications. In: Aroca, R. (ed). *Symbiotic endophytes*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 215-232.
- Luo, B.; Wu, C.; Zhang, C.; Li, H.; Lipka, U.; Polle, A. (2014). The role of ectomycorrhizas in heavy metal stress tolerance of host plants. *Environ Exp Bot*, **108**:47-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.018>.
- Marschner, H.; Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, **159**:89-102.
- Miransari, M. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and uptake of nutrients. In: Aroca, R. (ed). *Symbiotic endophytes*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 253-270.
- Ortas, I.; Bykova, A. (2018). The effect of mycorrhiza inoculation and phosphorus application on phosphorus efficiency of wheat plants. *Commun Soil Sci Plant Anal*, **49**:1199-1207. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1455849>.
- Ouledali, S.; Ennajeh, M.; Zrig, A.; Gianinazzi, S.; Khemira, H. (2018). Estimating the contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to drought tolerance of potted olive trees (*Olea europaea*). *Acta Physiol Plant*, **40**(5):80-93. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2656-1>.
- Porrás-Soriano, A.; Soriano-Martín, M.L.; Porrás-Piedra, A.; Azcón, R. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *J Plant Physiol*, **166**(13):1350-1359. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.02.010>.
- Priyadharsini, P.; Muthukumar, T. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungus influence maize root growth and architecture in rock phosphate amended tropical soil. *An Biol*, **39**:211-222. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/anales-bio.39.22>.
- Quinteiro, P.; Rafael, S.; Vicente, B.; Marta-Almeida, M.; Rocha, A.; Arroja, L.; Dias, A.C. (2019). Mapping green water scarcity under climate change: A case study of Portugal. *Sci Total Environ*, **696**:134024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134024>.
- Rodrigues, M.A.; Piroli, L.B.; Forcelini, D.; Raimundo, S.; Domingues, L.S.; Casol, L.C.; Correia, C.M.; Arrobas, M. (2021). Use of commercial mycorrhizal fungi in stress-free growing conditions of potted olive cuttings. *Sci Hortic*, **275**:109712. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109712>.
- Tekaya, M.; Mechri, B.; Mbarki, N.; Cheheb, H.; Hammami, M.; Attia, F. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* influences key physiological parameters of olive trees (*Olea europaea* L.) and mineral nutrient profile. *Photosynthetica*, **55**:308-316. <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0243-5>.
- Valentine, A.J.; Mortimer, P.E.; Kleinert, A.; Kang, Y.; Benedito, V.A. (2013). Carbon metabolism and costs of arbuscular mycorrhizal associations to host roots. In: Aroca, R. (ed). *Symbiotic endophytes*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 233-252.
- Zhan, F.; Li, B.; Jiang, M.; Yue, X.; He, Y.; Xia, Y.; Wang, Y. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance antioxidant defence in the leaves and the retention of heavy metals in the roots of maize. *Environ Sci Pollut Res*, **25**:24338-24347. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2487-z>.