

A importância de bactérias e fungos para o desenvolvimento das orquídeas

Gabriel Souza da Silva*, Vinícius Confort França* & Eduardo de Matos Nogueira¹
Laboratório de Genômica, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

*Os autores contribuíram igualmente para o artigo

¹Autor de correspondência: eduardo.nogueira@unirio.br

A nutrição nas plantas é feita através da sua interação com o ambiente. Pela fotossíntese, a maioria das plantas pode obter carbono e energia, na forma de açúcares, para o seu desenvolvimento através do seu próprio metabolismo usando o CO₂ presente no ar e a energia do sol. Outros nutrientes necessários são obtidos através da interação com o ar, água e substrato onde ela cresce de forma independente ou através da interação com microrganismos. O solo é um ambiente importante pois fornece nutrientes, água e possíveis parceiros em interações benéficas (Eichmann *et al.* 2021; Li *et al.* 2022).

Plantas são capazes de se associar com diferentes microrganismos, estabelecendo desde associações benéficas como outras que trazem malefícios à planta. As principais associações benéficas são interações com bactérias e fungos. As associações entre plantas e microrganismos podem ser relações mutualísticas, onde ambos parceiros são beneficiados, ou saprófitas, onde apenas um deles se beneficia. Microbiota é o termo relacionado ao conjunto de microrganismos. A microbiota da planta é diferente na raiz e na parte aérea e pode ser localizada no interior da planta (endofítica) ou no lado externo das folhas (filosfera) ou raízes (rizosfera). A raiz libera compostos que podem servir como fonte de energia, antimicrobiano e moléculas sinalizadoras para a microbiota e consequentemente modifica a sua composição (Jackson & Taylor 1996; Doherty *et al.* 2021; Eichmann *et al.* 2021).

Durante a germinação da semente e o surgimento da primeira folha verde, as plantas não fazem fotossíntese e obtêm energia para o desenvolvimento a partir dos lipídios estocados na semente. Essa é uma via metabólica presente em plantas e em algumas bactérias, chamada de ciclo

do glioxalato e ocorre apenas nessa etapa do desenvolvimento vegetal (Berg *et al.*, 2021).

Contudo, as sementes de orquídeas não possuem endosperma, o tecido de reserva de nutrientes. A associação com os Fungos Micorrízicos (FM) é essencial nessa etapa do desenvolvimento da formação do protocormo e é classificada como micoheterotrófica, devido sua dependência do FM para obtenção de energia. Os FM promovem a germinação das sementes fornecendo o açúcar trealose. Os FMs podem obter os açúcares que serão fornecidos ao protocormo de duas fontes distintas. Alguns FMs de orquídeas são saprófitos e secretam enzimas extracelulares, podendo obter os açúcares, pela degradação da matéria orgânica do solo. FM podem conectar diferentes plantas através das hifas, podendo conectar orquídeas entre si e com outras plantas, sendo essa também uma das fontes para os açúcares (figura 01). Durante a formação do protocormo, as orquídeas possuem uma grande capacidade de utilizar a trealose proveniente dos FM, devido a alta atividade da enzima trealase (Wang & Qiu 2006; Zhao *et al.* 2021; Li *et al.* 2022; Selosse *et al.* 2022).

A associação benéfica com fungos também ocorre em outras etapas do desenvolvimento das orquídeas. Elas se associam tanto com FM como com Fungos não micorrízicos (FNM). Os FM habitam o interior das raízes e das células das raízes, a rizosfera e o substrato ao redor das raízes, formando uma estrutura nas raízes onde ocorre a troca de nutrientes (micorrizas). Os FNM são endofíticos e colonizam tanto raiz como parte aérea, mas não formam uma estrutura específica nas raízes para a troca dos nutrientes. Os fungos fornecem nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, para a planta e a planta fornece açúcar para eles. Os FM transportam nutrientes e sinais, entre as plantas que eles conectam. Esses sinais podem ser importantes para defender as plantas contra herbívoros e patógenos (figura 01). Nas conexões com outras plantas, desenvolvem ou não associações micorrízicas (Wang & Qiu 2006; Vendramin *et al.* 2010; Dearnaley *et al.* 2012; van der Heijden *et al.* 2015; Bonfante 2018; Zhao *et al.* 2021; Selosse *et al.* 2022).

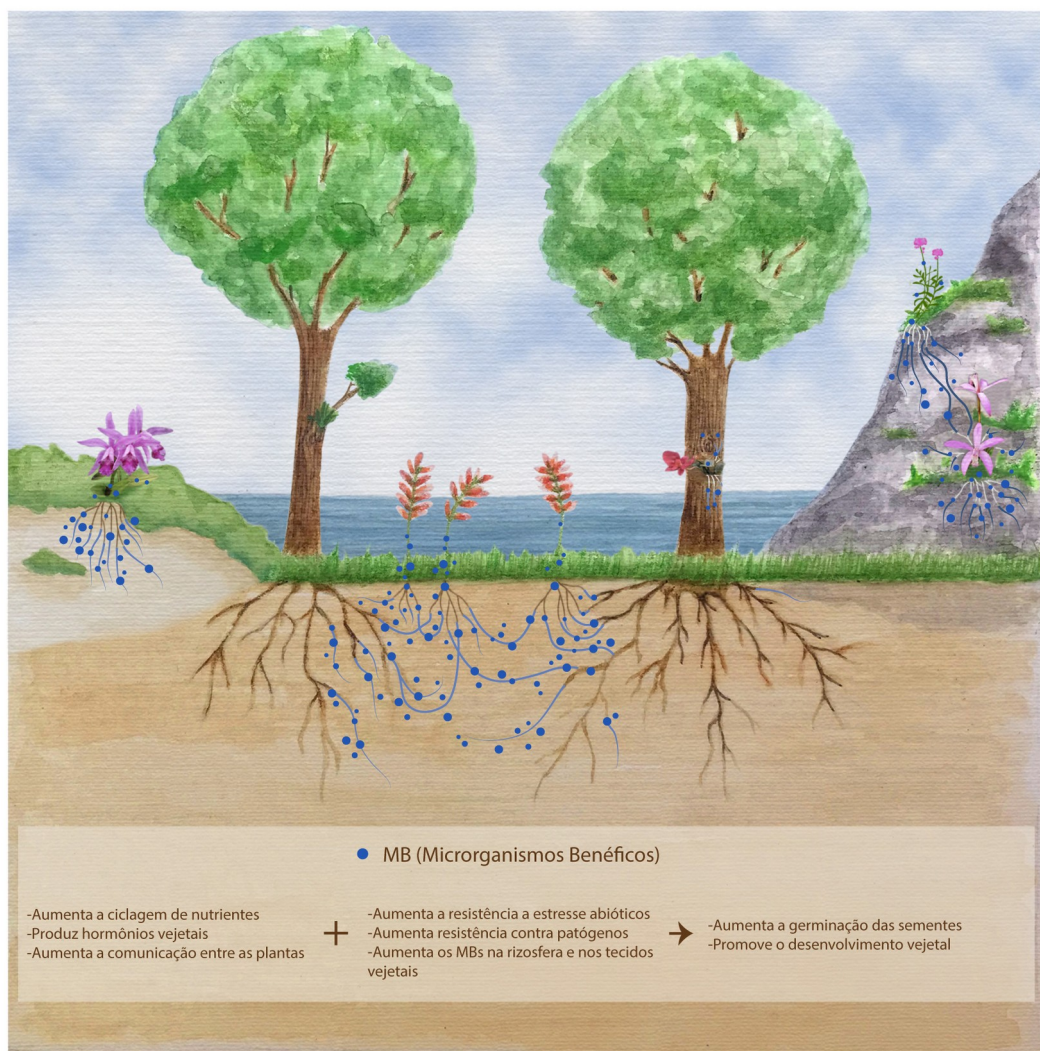


Figura 01 - Efeitos os Microrganismos Benéficos (MB) no seu desenvolvimento das orquídeas

Os MB estão representados com pontos e linhas azuis. Os pontos azuis podem ser fungos ou bactérias benéficos ao desenvolvimento vegetal. As linhas azuis representam as hifas dos Fungos Micorrízicos. No texto da figura estão descritos os efeitos já descritos dos MB de orquídeas que promovem a germinação e o desenvolvimento das plantas

Interações específicas com os FM são mais comumente observadas nas orquídeas, onde uma espécie do fungo interage apenas com uma ou poucas espécies de orquídeas. Essa característica é diferente da associação de FM com outras plantas, onde o mais comum são FM generalistas que interagem com um grande número de espécies de plantas diferentes. Existem espécies de FM de orquídeas encontradas em todos os continentes, mas algumas espécies de FM são associadas apenas a uma única espécie de orquídea. A diversidade dos FM é maior fora das raízes do que dentro das raízes e, quanto mais próximo às raízes, a diversidade no substrato vai se tornando mais similar à encontrada dentro das orquídeas. Dessa forma, padrão de distribuição dos FM e a especificidade da interação orquídea-FM interfere na dispersão das orquídeas, de forma que as sementes tendem a germinar mais perto das colônias pré-existentes de plantas adultas (van der Heijden *et al.* 2015; McCormick *et al.* 2016; Freitas *et al.* 2020; Petrolli *et al.* 2021; Selosse *et al.* 2022).

Algumas características dos FM associados a orquídeas diferem entre as orquídeas terrestres e epífitas. FM de orquídea terrestre tem maior capacidade de degradar e utilizar açúcares complexos grandes derivados da parede celular vegetal (celulose e hemicelulose) provenientes das folhas e da serapilheira presente no solo. Já os FM de epífita utilizam melhor para seu crescimento os açúcares armazenados dentro das plantas (amido). Eles têm maior capacidade de resistir a estresse oxidativo, típico de ambientes secos e muito luminosos como os encontrados em árvores (Zhao *et al.* 2021).

Fungos Benéficos (FB) isolados de uma espécie de orquídea, possuem efeitos promotores do desenvolvimento em outras espécies. As orquídeas usam diferentes FB ao longo do seu desenvolvimento. Elas possuem uma grande diversidade de FB em seus tecidos e essa diversidade é regulada pelo ambiente e pela espécie da orquídea. FB produzem hormônios vegetais, antimicrobianos e metabólitos para tolerância ao estresse e para o crescimento. Eles aumentam a germinação, o desenvolvimento das mudas e a resistência a estresse abióticos (seca) e bióticos (patógenos) (figura 01). FB de orquídeas são capazes de produzir e induzir a produção vegetal de substâncias com funções terapêuticas na saúde humana e produzir substâncias contra bactérias patogênicas de

plantas (Oliveira *et al.* 2013; Li *et al.* 2017; Sarsaiya *et al.* 2020; Li *et al.* 2021; Shah *et al.* 2022; Tian *et al.* 2022).

Além do estágio inicial do desenvolvimento micoheterotrófico, comum a todas as orquídeas, as orquídeas também podem ser completamente micoheterotróficas ou mixotróficas nas outras fases do desenvolvimento. Orquídeas mixotróficas, são orquídeas que possuem folha verde e podem utilizar açúcar do FM caso a fotossíntese não seja suficiente para sustentar seu crescimento. Orquídeas completamente micoheterotrófica, geralmente vivem em habitat escuros sem muita incidência de luz, são plantas aclorofiladas, não possuem folhas verdes, possuem altos níveis de atividade de trealase e utilizam apenas a trealose do FM em sua fase adulta (Parniske 2008; Selosse e Martos 2014; van der Heijden *et al.* 2015; Li *et al.* 2022; Selosse *et al.* 2022).

A importância da interação com fungos endofíticos na evolução das orquídeas também pode ser observado em algumas características do DNA das orquídeas. Orquídeas micoheterotróficas não possuem em seu DNA genes importantes para a fotossíntese e desenvolvimento das folhas e raízes, mostrando uma evolução do genoma completamente adaptada ao seu parceiro associativo e o habitat onde elas são encontradas. O genoma das orquídeas possui trechos de até 8Kb do DNA de fungos, decorrente de um processo chamado Transferência Horizontal Gênica. Esses trechos do DNA de fungo não são encontrados no DNA de outras plantas terrestres que não precisam do fungo durante o desenvolvimento da semente até o surgimento das primeiras folhas verdes (Sinn & Barrett 2020; Bae *et al.* 2022; Li *et al.* 2022).

Estudos com orquídeas micoheterotróficas, sugerem que as bactérias também podem ter grande importância para as orquídeas. As orquídeas completamente micoheterotróficas aumentam a quantidade de bactérias que são importantes para o seu crescimento na sua rizosfera (figura 01). Essas bactérias produzem hormônio vegetal, estimulam o crescimento do FM e da orquídea e aumentam a capacidade do FM de obter açúcar proveniente da degradação da matéria orgânica do solo e sua capacidade de infectar as raízes da orquídea (Liu *et al.* 2022).

Bactérias Benéficas (BB) têm efeitos promotores no desenvolvimento vegetal. As BB podem ser encontradas na rizosfera, filosfera e dentro dos tecidos vegetais. Elas exercem os efeitos benéficos

na rizosfera e/ou no interior da planta. As raízes das plantas podem ser colonizadas concomitantemente tanto por fungos como por BB. A microbiota da filosfera pode ser proveniente do solo, da semente, da atmosfera e da chuva (Bhattacharyya & Jha 2012; Cai *et al.* 2021; Llontop e col., 2021).

Bactérias associadas a orquídeas (BAO) habitam o interior das orquídeas e são localizadas dentro e fora das células. Sua abundância pode ser influenciada pela idade e pelo tamanho do tecido vegetal, pela sazonalidade e pelo gênero da orquídea. BAO são capazes de fixar N₂ e produzir fitohormônio (figura 01). As BAO isoladas de uma espécie possuem os efeitos benéficos em outras espécies. BAO endofíticas são capazes de produzir substâncias antimicrobianas contra fitopatógenos e substâncias com propriedade medicinal contra células tumorais humanas (Faria *et al.* 2013; Shekhovtsova *et al.* 2013; Yang *et al.* 2014; Tsavkelova *et al.* 2016; Esposito-Polesi *et al.* 2017; Wang *et al.* 2022; Zhu *et al.* 2022).

BAO endofíticas estimulam a germinação das sementes em meios de cultura com abundância de açúcar e o crescimento de plantas adultas, enquanto os efeitos das provenientes da rizosfera podem não ser positivos (figura 01). Na presença do FM, elas podem inibir ou estimular a germinação das sementes, independente da sua capacidade de produzir fitohormônio (Wilkinson *et al.* 1994; Galdiano *et al.* 2011; Faria *et al.* 2013; Yang *et al.* 2014; Tsavkelova *et al.* 2016).

A figura 01 resume a interação das orquídeas com os diferentes tipos de MB e seus efeitos na germinação das sementes e promoção do crescimento vegetal.

O potencial dos MB em orquídeas é pouco explorado pelos orquidários comerciais, pelos vendedores de insumos e pelos orquidófilos. Os cultivadores/pesquisadores que exploram o potencial dos fungos benéficos de orquídeas são os envolvidos em projetos de reforço populacional de orquídeas ameaçadas. O principal motivo é o grande desafio de reforçar uma população de orquídeas com mudas proveniente de laboratório, sem sua microbiota natural e enfrentar os desafios mais comuns na natureza de estresse abiótico (seca e desidratação) e biótico (fitopatógenos e insetos herbívoros) e ausência de nutrientes (Huynh *et al.* 2009; De Long *et al.* 2013; Herrera *et al.* 2017; Vieira *et al.* 2020).

Nosso grupo de pesquisa está estudando bactérias endofíticas de orquídeas, em especial das epífitas/rupícolas de montanhas e das terrestres de restinga. Iremos usar nossos isolados no projeto de reforço populacional de *Cattleya lobata* Lindl. no Monumento Natural do Pão de Açúcar e Morro da Urca e em outras orquídeas ameaçadas nas Unidades de Conservação aqui do nosso estado.

Referências bibliográficas

- Bae EK, An C, Kang MJ, Lee SA, Lee SJ, Kim KT & Park EJ.** 2022 Chromosome-level genome assembly of the fully mycoheterotrophic orchid *Gastrodia elata*. *G3* 12(3), jkab433. [DOI: 10.1093/g3journal/jkab433].
- Bhattacharyya PN & Jha DK.** 2012 Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 28:1327–1350. [DOI: 10.1007/s11274-011-0979-9]
- Berg JM, Tymoczko JL, Gatto GJJ & Stryer L.** 2021. *Bioquímica*. Guanabara Koogan.
- Bonfante P.** 2018 The future has roots in the past: the ideas and scientists that shaped mycorrhizal research. *New Phytologist* 220: 982–995. [DOI: 10.1111/nph.15397]
- Cai X, Zhao H, Liang C, Li M & Liu R** 2021 Effects and Mechanisms of Symbiotic Microbial Combination Agents to Control Tomato *Fusarium* Crown and Root Rot Disease. *Frontiers in Microbiology* 12: 629793. [DOI: 10.3389/fmicb.2021.629793].
- Dearnaley JDW, Martos F & Selose MA** 2012 Orchid Mycorrhizas: Molecular Ecology, Physiology, Evolution and Conservation Aspects. In: Hock B, 2nd Edition *Fungal Associations*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 207-230.
- De Long JR, Swarts ND, Dixon KW & Egerton-Warburton LM.** 2013. Mycorrhizal preference promotes habitat invasion by a native Australian orchid: *Microtis media*. *Annals of Botany* 111(3): 409–418. [DOI: 10.1093/aob/mcs294]
- Doherty JR, Crouch JA & Roberts JA.** 2021 Plant Age Influences Microbiome Communities More Than Plant Compartment in Greenhouse-Grown Creeping Bentgrass. *Phytobiomes Journal* 5:373-381. [DOI: 10.1094/PBIOMES-03-21-0021-R]

- Eichmann R, Richards L & Schafer P.** 2021 Hormones as go-betweens in plant microbiome assembly. *The Plant Journal* 105: 518–541. [DOI: 10.1111/tpj.15135].
- Esposito-Polesi NP, Abreu-Tarazi MF, Almeida CV, Tsai SM & Almeida M.** 2017. Investigation of Endophytic Bacterial Community in Supposedly Axenic Cultures of Pineapple and Orchids with Evidence on Abundant Intracellular Bacteria. *Current Microbiology* 74:103–113. [DOI: 10.1007/s00284-016-1163-0].
- Faria DC, Dias ACF, Melo IS & Costa FEC.** 2013. Endophytic bacteria isolated from orchid and their potential to promote plant growth. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 29:217–221. [DOI: 10.1007/s11274-012-1173-4].
- Freitas EFS, da Silva M, Cruz ES, Mangaravite E, Bocayuva MF, Veloso TGR, Selosse MA & Kasuya MCM.** 2020 Diversity of mycorrhizal *Tulasnella* associated with epiphytic and rupicolous orchids from the Brazilian Atlantic Forest, including four new species. *Scientific Reports* 10:7069. [DOI: 10.1038/s41598-020-63885-w].
- Galdiano RF, Pedrinho EAN, Castellane TCL & Lemos EGM.** 2011. Auxin-producing bacteria isolated from the roots of *Cattleya walkeriana*, an endangered Brazilian orchid, and their role in acclimatization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35:729–737. [DOI: 10.1590/S0100-06832011000300008].
- Herrera H, Valadares R, Contreras D, Bashan Y & Arriagada C.** 2017 Mycorrhizal compatibility and symbiotic seed germination of orchids from the Coastal Range and Andes in south central Chile. *Mycorrhiza* 27(3): 175–188. [DOI: 10.1007/s00572-016-0733-0].
- Huynh TT, Thomson R, Mclean CB & Lawrie AC.** 2009 Functional and genetic diversity of mycorrhizal fungi from single plants of *Caladenia formosa* (Orchidaceae). *Annals of Botany* 104: 757–765. [DOI: 10.1093/aob/mcp153].
- Jackson AO & Taylor CB.** 1996 Plant-Microbe Interactions: Life and Death at the Interface. *Plant Cell* 8(10):1651-1668. [DOI: 10.1105/tpc.8.10.1651].
- Li Q, Ding G, Li B & Guo SX.** 2017 Transcriptome Analysis of Genes Involved in Dendrobine Biosynthesis in *Dendrobium nobile* Lindl.

Infected with Mycorrhizal Fungus MF23 (*Mycena* sp.) *Scientific Reports* 7: 316. [DOI: 10.1038/s41598-017-00445-9].

Li Y, Kang Z, Zhang X, Sun P, Jiang X & Han Z. 2021 The mycorrhizal fungi of *Cymbidium* promote the growth of *Dendrobium officinale* by increasing environmental stress tolerance. *Peer J* 9: e12555. [DOI: 10.7717/peerj.12555].

Li MH, Liu KW, Li Z, Lu HC, Ye QL, Zhang D, Wang JY, Li YF, Zhong ZM, Liu X, Yu X, Liu DK, Tu XD, Liu B, Hao Y, Liao XY, Jiang YT, Sun WH, Chen J, Chen YQ, Ai Y, Zhai JW, Wu SS, Zhou Z, Hsiao YY, Wu WL, Chen YY, Lin YF, Hsu JL, Li CY, Wang ZW, Zhao X, Zhong WY, Ma XK, Ma L, Huang J, Chen GZ, Huang MZ, Huang L, Peng DH, Luo YB, Zou SQ, Chen SP, Lan S, Tsai WC, de Peer YV & Liu ZJ. 2022 Genomes of leafy and leafless *Platanthera* orchids illuminate the evolution of mycoheterotrophy. *Nature Plants* 8: 373–388. [DOI: 10.1038/s41477-022-01127-9].

Liu T, Hua Z, Han P, Zhao Y, Zhou J, Jin Y, Li X, Huang L & Yuan Y. 2022 Mycorrhizosphere Bacteria, *Rahnella* sp. HPDA25, Promotes the Growth of *Armillaria gallica* and Its Parasitic Host *Gastrodia elata*. *Frontiers in Microbiology* 13: 842893. [DOI: 10.3389/fmicb.2022.842893].

Llontop MEM, Tian L, Sharma P, Heflin L, Bernal-Galeano V, Haak DC, Clarke CR & Vinatzer BA. 2021 Experimental Evidence Pointing to Rain as a Reservoir of Tomato Phyllosphere Microbiota. *Phytobiomes Journal* 5: 382-399. [DOI: 10.1094/PBIOMES-04-21-0025-R].

McCormick MK, Taylor DL, Dennis F. Whigham DF & Burnett Jr RK. 2016 Germination patterns in three terrestrial orchids relate to abundance of mycorrhizal fungi. *Journal of Ecology* 104: 744–754. [DOI: 10.1111/1365-2745.12556].

Oliveira SF, Bocayuva MF, Veloso TGR, Bazzolli DMS, da Silva CC, Pereira OL & Kasuya MCM. Endophytic and mycorrhizal fungi associated with roots of endangered native orchids from the Atlantic Forest, Brazil. *Mycorrhiza* 24: 55–64. [DOI 10.1007/s00572-013-0512-0].

Parniske M. 2008 Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology* 6: 763-775. [DOI: 10.1038/nrmicro1987].

- Petrolli R, Vieira CA, Jakalski M, Bocayuva MF, Valle C, Cruz ES, Selosse MA, Martos F & Kasuya MCM.** 2021 A fine-scale spatial analysis of fungal communities on tropical tree bark unveils the epiphytic rhizosphere in orchids. *New Phytologist* 231(5): 2002-2014. [DOI: 10.1111/nph.17459].
- Sarsaiya S, Jain A, Fan X, Jia Q, Xu Q, Shu F, Zhou Q, Shi J & Chen J.** 2020 New Insights Into Detection of a Dendrobine Compound From a Novel Endophytic *Trichoderma longibrachiatum* Strain and Its Toxicity Against Phytopathogenic Bacteria. *Frontiers in Microbiology* 11:337. [DOI: 10.3389/fmicb.2020.00337].
- Selosse MA & Martos F.** 2014 Do chlorophyllous orchids heterotrophically use mycorrhizal fungal carbon? *Trends in Plant Science* 19(11): 683-5. [DOI: 10.1016/j.tplants.2014.09.005. PMID: 25278267].
- Selosse MA, Petrolli R, Mujica MI, Laurent L, Perez-Lamarque B, Figura T, Bourceret A, Jacquemyn H, Li T, Gao J, Minasiewicz J & Martos F.** 2022 The Waiting Room Hypothesis revisited by orchids: were orchid mycorrhizal fungi recruited among root endophytes? *Annals of Botany* 129(3): 259-270. [DOI: 10.1093/aob/mcab134].
- Shah S, Shah B, Sharma R, Rekadwad B, Shouche YS, Sharma J & Pant B.** 2022 Colonization with non-mycorrhizal culturable endophytic fungi enhances orchid growth and indole acetic acid production. *BMC Microbiology* 22:101. [DOI: 10.1186/s12866-022-02507-z]
- Shekhovtsova NV, Marakaev OA, Pervushina KA & Osipov GA.** 2013. The underground organ microbial complexes of moorland spotted orchid *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó (Orchidaceae). *Advances in Bioscience and Biotechnology* 4: 35–42. [DOI: 10.4236/abb.2013.47A2005].
- Sinn BT & Barrett CF.** 2020. Ancient Mitochondrial Gene Transfer between Fungi and the Orchids. *Molecular Biology and Evolution* 37(1): 44-57. [DOI: 10.1093/molbev/msz198. PMID: 31504747].
- Tian F, Liao XF, Wang LH, Bai XX, Yang YB, Luo ZO & Yan FX.** 2022 Isolation and identification of beneficial orchid mycorrhizal fungi in *Paphiopedilum barbigerrum* (Orchidaceae). *Plant Signaling & Behavior* 17(1): e2005882. [DOI: 10.1080/15592324.2021.2005882].
- Tsavkelova EA, Egorova MA, Leontieva MR, Malakho SG, Kolomeitseva GL & Netrusov AI.** 2016. *Dendrobium nobile* Lindl. seed germination

- in co-cultures with diverse associated bacteria. *Plant Growth Regulation* 80: 79–91. [DOI: 10.1007/s10725-016-0155-1].
- van der Heijden MGA, Martin FM, Selosse MA & Sanders IR.** 2015 Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New Phytologist* 205: 1406–1423. [DOI: 10.1111/nph.13288].
- Vendramin E, Gastaldo A, Tondello A, Baldan B, Villani M, Squartini A.** 2010 Identification of two fungal endophytes associated with the endangered orchid *Orchis militaris* L. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 2:630–636. [PMID: 20372038].
- Vieira CA, Bocayuva MF, Veloso TGR, Moreira BC, Freitas EFS, Bazzolli DMS, Kasuya MCM.** 2020 Fungus used for germination is supplanted after reintroduction of *Hadrolaelia jongheana* (Orchidaceae). *Revista Agrária Acadêmica* 3(6). [DOI: 10.32406/v3n62020/148-161/agrariacad].
- Wang B & Qiu YL.** 2006 Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299–363. [DOI: 10.1007/s00572-005-0033-6].
- Wilkinson KG, Dixon KW, Sivasithamparam K & Ghisalberti EL.** 1994. Effect of IAA on symbiotic germination of an Australian orchid and its production by orchid-associated bacteria. *Plant Soil* 159: 291–295. [DOI: 10.1007/BF00009292].
- Yang S, Zhang X, Cao Z, Zhao K, Wang S, Chen M & Hu X.** 2014. Growth-promoting *Sphingomonas paucimobilis* ZJSH1 associated with *Dendrobium officinale* through phytohormone production and nitrogen fixation. *Microbial Biotechnology* 7: 611–620. [DOI: 10.1111/1751-7915.12148].
- Zhao Z, Shao S, Liu N, Liu Q, Jacquemyn H & Xing X** 2021 Extracellular Enzyme Activities and Carbon/Nitrogen Utilization in Mycorrhizal Fungi Isolated From Epiphytic and Terrestrial Orchids. *Frontiers in Microbiology* 12: 787820. [DOI: 10.3389/fmicb.2021.787820].
- Zhu Y, Kong Y, Hong Y, Zhang L, Li S, Hou S, Chen X, Xie T, Hu Y & Wang X.** 2022 Huoshanmycins A–C, New Polyketide Dimers Produced by Endophytic *Streptomyces* sp. HS-3-L-1 from *Dendrobium huoshanense*. *Frontiers in Chemistry* 9:807508. [DOI: 10.3389/fchem.2021.807508].

Artigo publicado em 10 de setembro de 2022

