



Revista PsiPro
PsiPro Journal
2(5): 98-112, 2023
ISSN: 2763-8200

AÇÃO DE MICRORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO DE PLANTAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

ACTION OF PLANT GROWTH-PROMOTING MICROORGANISMS: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

Recebimento do original: 11/09/2023
Aceitação para publicação: 17/10/2023

Antonio Tarcisio da Silva Queiroz

Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), 2023. Especialista em Auditoria e Perícia Ambiental pela Faculdade De Minas FACUVALE, (2023).

Bruno Costa de Oliveira

Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA (2022). Especialista em Gestão Estratégica de Pessoas pela Faculdade Educacional da Lapa (2019). Graduação em Administração Pública pela Universidade Federal do Pará UFPA (2015).

RESUMO: O uso de microrganismos que apresentam mecanismos de promoção de crescimento vegetal apresenta um papel importante no desenvolvimento da planta e na produção, tornando-se uma alternativa viável na busca por uma agricultura sustentável. As pesquisas com esses microrganismos têm ganhado destaque nos últimos anos dos quais visam reduzir os custos de produção, aumentar a produtividade e a rentabilidade das atividades agrícolas. O presente trabalho foi elaborado com o objetivo de revisar a literatura e proporcionar um breve estudo de caso sobre as pesquisas acerca dos mecanismos de ação dos microrganismos promotores de crescimento vegetal. Diante disso, esse estudo de caráter teórico, realizado por meio de uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório e abordagem qualitativas, se basearam nos mecanismos de ação dos



microrganismos promotores de crescimento de plantas. Os trabalhos pesquisados apresentaram a eficiência dos mecanismos de ação das bactérias e fungos promotores de crescimento vegetal, controle de fitopatógenos e síntese de hormônios como o ácido idolacético, ácido abscísico, ácido giberélico e solubilização de macro e micronutrientes. Portanto, o uso de microrganismos promotores de crescimento de plantas são vistos como tecnologias sustentáveis que afetam as plantas interna e externamente e aumentam a produção e a estabilidade do equilíbrio dos agroecossistemas.

PALAVRAS-CHAVE: Bactérias; Fungos; Crescimento vegetal.

ABSTRACT: The use of microorganisms with plant growth promotion mechanisms plays an important role in plant development and production, making them a viable alternative in the search for sustainable agriculture. Research into these microorganisms has gained prominence in recent years, with the aim of reducing production costs, increasing productivity and the profitability of agricultural activities. The aim of this study was to review the literature and provide a brief case study of research into the mechanisms of action of plant growth-promoting microorganisms. This theoretical study, carried out through exploratory bibliographical research and a qualitative approach, was based on the mechanisms of action of plant growth-promoting microorganisms. The research presented the efficiency of the mechanisms of action of plant growth-promoting bacteria and fungi, the control of phytopathogens and the synthesis of hormones such as idolacetic acid, abscisic acid, gibberellic acid and the solubilization of macro and micronutrients. Therefore, the use of plant growth-promoting microorganisms are seen as sustainable technologies that affect plants internally and externally and increase production and the stability of the balance of agro-ecosystems.

KEYWORDS: Bacteria; Fungi; Plant growth.



Artigo está licenciado sob forma de uma licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

1. INTRODUÇÃO

Os microrganismos podem inter-relacionar-se de diferentes formas com as plantas, funcionando relativamente como um microbioma. O efeito da interação planta-microrganismo pode ser benéfico para a planta hospedeira, auxiliando no seu desenvolvimento, ou tornando-se prejudicial quando o



microrganismo parasita a planta levando à diminuição do seu crescimento ou à morte. Em ambos os casos, mostra-se importante o estudo dos grupos microbianos que se associam com as plantas visando compreender esta interação para estimular aqueles que auxiliam no desenvolvimento vegetal, bem como estabelecer formas de controle dos fitopatógenos (MENDES et al., 2013; GOMES et al., 2016).

Dentro deste grupo conhecido como microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP) destacam-se Fungos do gênero *Trichoderma* que apresentam potencial para o controle de fitopatógenos e para a promoção do crescimento vegetal e muitas bactérias do gênero *Bacillus* que também tem se mostrado eficientes como promotoras de crescimento vegetal (MACHADO et al., 2012; SANSINENEA, 2019). O papel benéfico no desenvolvimento da planta pode ocorrer de várias maneiras, como atuando na mobilização e transporte de nutrientes ligando e dissolvendo o nitrogênio na planta, mineralização do fósforo, aumento da superfície de absorção raízes, produção de hormônios vegetais e compostos orgânicos substâncias voláteis que estimulam o desenvolvimento das plantas e protegem plantas contra patógenos (CASTIGLIONI et al., 2008).

Esses mecanismos são percebidos como substâncias que promovem o crescimento da planta, impactando no desenvolvimento e na produção (HARO E BENITO, 2019; CHAGAS JUNIOR et al., 2021). Diante disso, as alternativas sustentáveis, o uso de insumos biológicos à base de microrganismos benéficos do solo, como bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) e fungos micorrízicos estão entre as mais promissoras tecnologias para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, por proporcionarem melhorias que vão desde características de promoção de crescimento da parte aérea e raízes das plantas, até melhoria da proteção enzimática às condições de estresses bióticos e abióticos inerentes à atividade agrícola e pecuária na atualidade (PORTO et al., 2022). Posto isso, o presente trabalho foi elaborado com o objetivo de revisar a



literatura e proporcionar um breve estudo de caso sobre as pesquisas acerca dos mecanismos de ação dos microrganismos promotores de crescimento vegetal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se neste trabalho de caráter teórico, através de uma revisão sistemática da literatura de caráter exploratório e abordagem qualitativa (PEREIRA et al., 2018). As pesquisas se basearam nos mecanismos de ação dos microrganismos promotores de crescimento de plantas. A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados Scielo, Google Scholar, Scopus, Science Direct e Web of Sciences e foram utilizados os seguintes descritores: bactérias promotoras do crescimento de plantas, fungos promotores de crescimento vegetal, microrganismos fixadores de N, microrganismos solubilizadores de P e produção de Fitormônios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

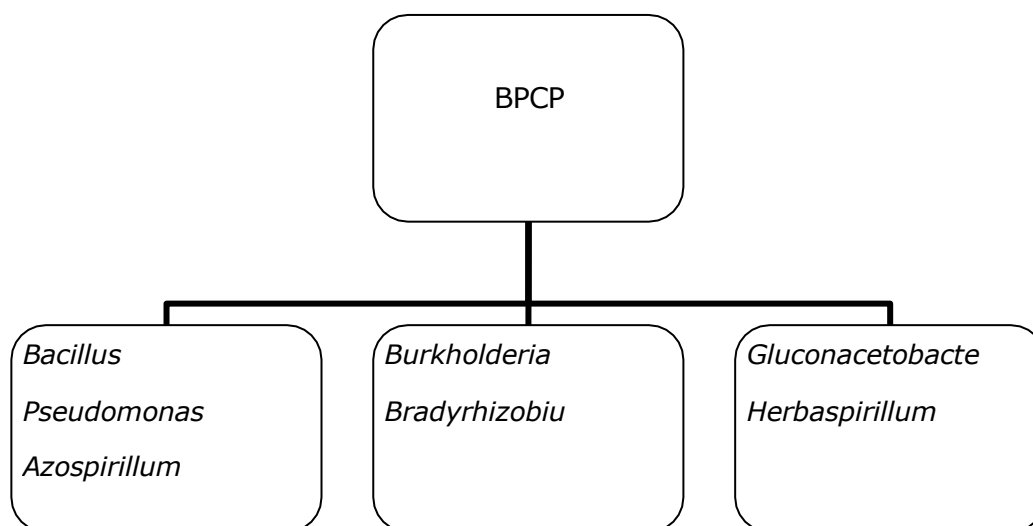
Para Mariano et al., (2013) os microrganismos que promovem o crescimento vegetal em ambientes naturais são abundantes em solos preservados, podendo colonizar o interior e o exterior das plantas, estabelecer associações que favorecem o crescimento vegetal ou inibem o crescimento de pragas e doenças. Portanto, grande parte da população do MPCP está localizada na rizosfera, área de cruzamento entre solo e plantas, onde há forte atividade microbiana devido as substâncias secretadas pelas raízes no solo (exsudatos radiculares) que estimulam interações entre plantas e microrganismos (CARDOSO; NOGUEIRA, 2007).

3.1 Bactérias promotoras do crescimento de plantas

Bactérias promotoras de crescimento plantas (BPCP) ou rizobactérias



promotoras de plantas (RPCP) incluem grupos de microrganismos epífitos ou de vida livre capazes de formar relações associativas ou não simbióticas com plantas (GLICK, 2012).

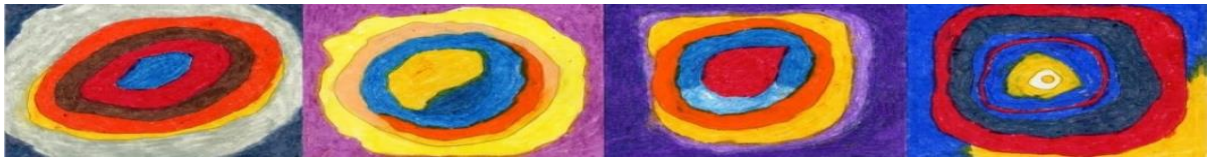


Fonte: Adaptado de Porto et al., (2022)

Os mecanismos pelos quais as bactérias podem afetar o crescimento das plantas variam entre as espécies e cepas, portanto, não há um único mecanismo para promover o crescimento das plantas. Estudos têm sido conduzidos sobre a capacidade de várias bactérias de promover o crescimento de plantas, incluindo bactérias endofíticas (SOUZA et al., 2015; PORTO et al., 2020).

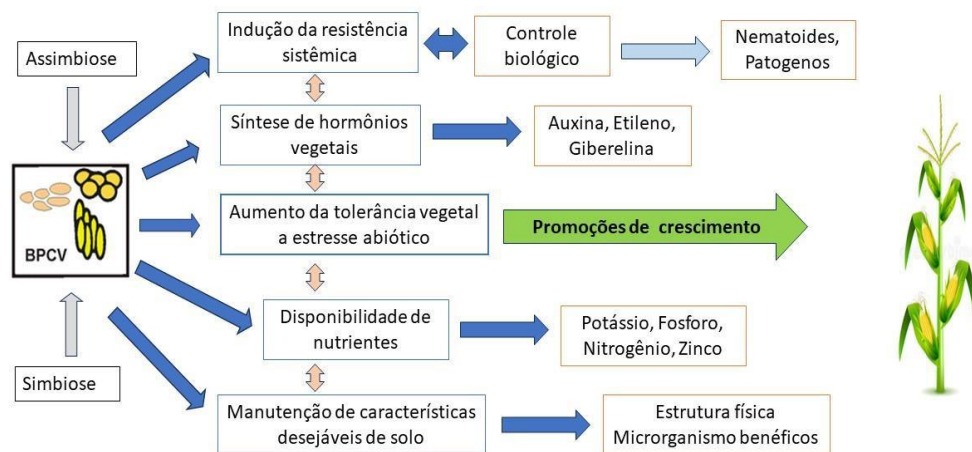
Para Souza et al., (2015) as BPCP elas têm sido relatadas para melhorar o desenvolvimento da planta, fornecendo vários benefícios através de diferentes mecanismos, tais como: reguladores de crescimento que fazem parte do metabolismo da planta.

As principais substâncias produzidas são auxinas, citocininas, giberelinas e etileno, necessárias para o desenvolvimento da planta. Além disso, esses hormônios causam alterações na morfologia radicular que afetam a absorção de nutrientes e água. Graças à produção dessas



substâncias, aumenta o crescimento das plantas e aumenta a produção de produtos metabólicos necessários para o crescimento das plantas.

Figura 1: Mecanismos utilizados para promoção do crescimento de planta.



Fonte: Adaptado de Maheshwari, (2011)

As bactérias frequentemente solubilizam o fósforo (P) mineral (inorgânico) através da síntese de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, tais como o ácido glucônico e ácido cítrico (RODRIGUEZ et al., 2004). As bactérias solubilizadoras de fosfato solubilizam formas inorgânicos de fosfatos, tais como $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 e AlPO_4 , através da produção de ácidos orgânicos, sideróforos e hidroxilas. O fosfato se liga aos grupos hidroxila e carboxila quelantes, liberando cátions que causam a acidificação do solo, resultando na liberação de fosfato solúvel (KPOMBLEKOU; TABATABAI, 1994).

Por outro lado, embora o ferro seja um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, no solo, frequente ele está em uma forma pouco disponível para assimilação direta pelas plantas e microrganismos, devido à baixa solubilidade do íon férrico (Fe^{3+}) (forma predominante na natureza). Para melhorar a absorção desse nutriente, plantas e algumas bactérias produzem compostos de baixo peso molecular



que se ligam e sequestram a formas disponíveis de ferro do solo. As bactérias sintetizam sideróforos de baixo peso molecular, moléculas com uma afinidade muito alta para Fe^{3+} e receptores de membrana que podem se ligar ao complexo de Fe-sideróforos, permitindo assim a absorção de ferro pelas bactérias (PORTO et al., 2022). Fungos Promotores de Crescimento Vegetal

Outro importante grupo de microrganismos presentes no solo são os o gênero *Trichoderma* spp., do qual podem facilmente ser encontrados no mundo todo em praticamente todos os solos, presentes na rizosfera. Este gênero está relacionado ao aumento de produtividade, o que faz com que sejam amplamente estudados quanto a capacidade de promoção de crescimento vegetal (MACHADO et al., 2012).

Assim como as bactérias que promovem o crescimento das plantas, o *Trichoderma* foi extensivamente estudado. Desde o uso pioneiro de cepas de *Trichoderma* por Weindling e Fawcett para controlar doenças causadas por *Rhizoctonia solani* Kühn em citros em 1936, pesquisas têm sido realizadas para isolar fungos que sejam eficazes na supressão de doenças de plantas causadas por outros fungos e tenham efeitos parasitários, antibacterianos e competitivos, além de atuar como indutores de resistência de plantas também dissolvem micro e macronutrientes como cobre, ferro, zinco, manganês, cálcio, fósforo, controle de fitopatógenos, sintetizam hormônios como o Ácido indolacético e colonizam a rizosfera (CARVALHO FILHO et al., 2008; SAITO et al., 2009; LI et al., 2015). Algumas espécies de *Trichoderma* coloniza a rizosfera, e uso no controle de fitopatógenos, induz resistência ao stress biótico e abiótico, síntese de hormônios ácido indolacético (AIA), ácido abscísico (ABA), ácido giberélico (GA), solubilização de macro e micronutrientes como Cu, Fe, Mn, Ca, P (BROTMAN et al., 2013; GUPTA et al., 2014; CHAGAS et al., 2017).

3.3. Microrganismos Fixadores de Nitrogênio



Fixação Biológica de Nitrogênio (BNF) alguns microrganismos fazem isso convertendo moléculas gasosas de N_2 em produtos químicos contendo nitrogênio que as plantas podem usar facilmente (NUNES et al., 2003). Bactérias fixadoras de N, denominadas diazotróficas, ocorrem na natureza em vida livre com gramíneas ou em associação simbiótica com plantas, principalmente leguminosas, e são amplamente distribuídas no solo (PORTO et al., 2016).

Este processo de fixação biológica de nitrogênio é de grande importância agrícola e ecológica, pois o processo fornece nitrogênio sem perda por dissolução, volatilização e, adicionalmente, desnitrificação. Por ser uma fonte de nitrogênio mais barata para o agricultor, também contribui para a sustentabilidade do processo produtivo. Além disso, esses microrganismos desempenham um papel importante na manutenção da fertilidade do solo, porque são capazes de mineralizar nutrientes, decompor compostos e resíduos vegetais no solo aminoácidos, lipídeos e proteínas (AVIZ et al., 2021).

Os microrganismos capazes de fixar N_2 são encontrados naturalmente no solo, principalmente na parte onde se encontram as raízes das plantas, a chamada rizosfera. Esta zona tem suas propriedades bioquímicas são influenciadas pela atividade das enzimas secretoras das raízes das plantas, aminoácidos, polifenóis e outros compostos (CARDOSO et al., 2016; AVIZ et al., 2021).

Diante disso, associações entre bactérias diazotróficas usadas como biofertilizantes podem ser utilizadas como alternativas sustentáveis e economicamente viáveis no sentido da substituição parcial das adubações nitrogenadas. Estudos indicam que a inoculação de bactérias diazotróficas não substitui a adubação nitrogenada, mas favorece a absorção e utilização do N disponível no solo na cultura do trigo (GÍRIO, 2014). Aumentar a eficiência do uso de N ainda é um desafio, e o inoculante à base de bactérias



diazotróficas pode ser uma alternativa eficaz (SCHULTZ et al., 2012).

3.4 Microrganismos Solubilizadores de Fósforo

O fósforo é o segundo nutriente mais limitante para o desenvolvimento da planta e afeta muito a produtividade de grãos. Embora os solos geralmente contenham grandes quantidades de fósforo total, apenas uma pequena fração é prontamente absorvida pelas plantas, principalmente na forma de íons de fosfato (NOVAIS; SMYTH, 1999). Dessa forma, microrganismos benéficos, incluindo bactérias e fungos que vivem no solo e aqueles associados às raízes das plantas, são capazes de solubilizar o fósforo insolúvel do solo (BECHTAOUI et al., 2020).

Em condições tropicais, a precipitação e a fixação de P são os principais responsáveis pela baixa eficiência dos fertilizantes fosfatados solúveis, sendo que até 80% do fertilizante pode ser complexado com íons ferro, alumínio e cálcio presentes no solo, diminuindo sua absorção pelo sistema radicular (NOVAIS; SMYTH, 1999). Desse modo, o uso de microrganismos, que apresentam a capacidade de solubilizar P inorgânico e mineralizar P orgânico deixando-o disponível para as plantas, consiste numa importante estratégia para melhorar a eficiência no aproveitamento deste nutriente no solo (GOLDSTEIN et al., 2003; KHAN et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009).

Os solos brasileiros geralmente contêm muito fósforo. No entanto, esse elemento não está presente em uma forma que possa ser absorvida pelas plantas. O fósforo se liga a minerais de argila e metais como ferro, alumínio e cálcio. Ele também se liga a partes em matéria orgânica. Os microrganismos presentes no solo atuam na forma de fósforo que não está disponível para as culturas. Eles convertem esse fósforo em fosfato, uma forma que as plantas podem absorver. Esses microrganismos produzem enzimas e ácidos orgânicos na região próxima às raízes da planta. Eles

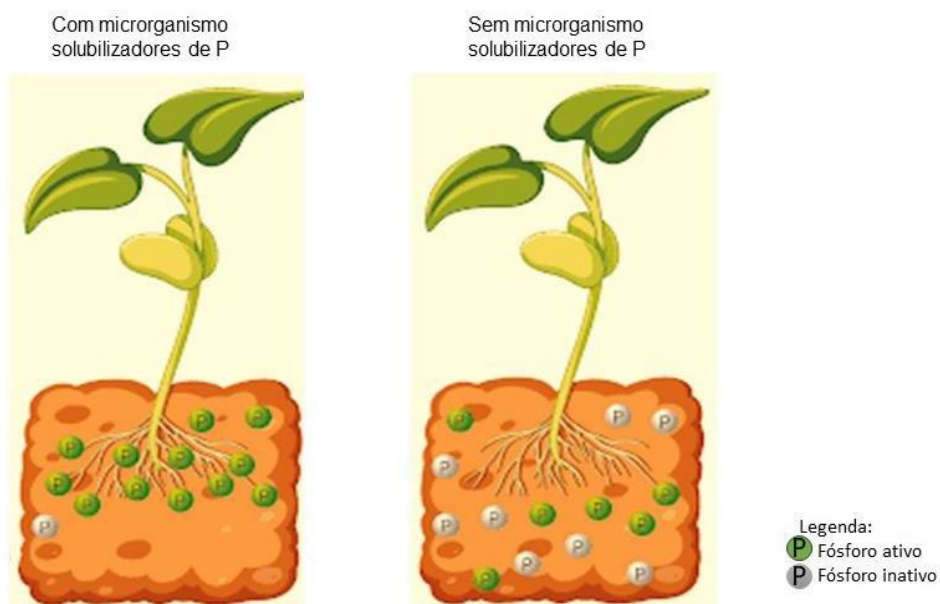


dissolvem o fósforo presente no solo na forma mineral ou na forma orgânica mineralizada (PORTO et al., 2022).

Entre os grupos de bactérias e fungos que desempenham estas funções, destacam-se os gêneros *Bacillus*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Enterobacter*, *Mesorhizobium*, *Paenibacillus*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Trichoderma* (MARRA, 2012).

Dessa forma, as plantas conseguem absorver e assimilar esse nutriente em maiores quantidades. A consequência disso é uma melhor nutrição da lavoura e aumento da produtividade. Além disso, contribui para o melhor desenvolvimento das raízes, o que otimiza a absorção de nutrientes pelas plantas (BARCELLOS, 2021).

Figura 2: Plantas com inoculante e sem inoculante de microrganismos solubilizadores de fósforo (P).



Fonte: Adaptado de balanço social Embrapa, (2019)

Esses microrganismos, portanto, têm potencial para desenvolver biofertilizantes de baixo custo para reduzir o uso de fosfatos solúveis, além



de permitir que a produtividade das culturas seja mantida de maneira mais econômica e ambientalmente sustentável (BARCELLOS, 2021).

3.5 Produção de Fitormônios

Os microrganismos produzem hormônios que ajudam desenvolvimento da planta (SANTNER; ESTELLE, 2009). A maioria dos microrganismos multifuncionais produz hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas, ácidos abscísico e etileno e, mais recentemente, estrigolactonas e brassinosteróides para ajudar no desenvolvimento da planta (SURESHBABU et al., 2016). Existem vários compostos pertencentes ao grupo das auxinas que são produzidos por MPCP, sendo o mais abundante e bem caracterizado o ácido indol- acético (AIA) (ZHAO et al., 2010). Dentre os gêneros conhecidos por expressar esse mecanismo citam-se *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Paenibacillus* e fungos do gênero *Trichoderma* (SINGH et al., 2017).

De acordo com Woodward; Bartel, (2005), rizobactérias sintetizam AIA a partir de triptofano que é encontrado em diferentes concentrações nos exsudatos radiculares, variando de acordo com o genótipo da planta. Além disso, a produção de auxina leva a uma maior proliferação de raízes laterais e maior formação de pelos radiculares, resultando em maior área total de superfície radicular e melhor absorção de nutrientes e água pela planta. Experimentos de casa de vegetação com uma estirpe de microrganismo do gênero *Azospirillum brasilense* resultou em um aumento do peso seco e aumentos na área de superfície da folha facilitam a absorção da luz solar, enquanto o aumento da ramificação da raiz e da área de superfície facilitam a absorção de água e nutrientes (KANG et al., 2022).

3. CONCLUSÃO

Os avanços tecnológicos decorrentes da industrialização e da era



digital são os grandes responsáveis pelo impulso científico e tecnológico que impulsiona a agricultura e a produção agropecuária. Mas, por outro lado, prejudica a sustentabilidade das práticas agrícolas para a produção de alimentos. O mundo enfrenta um colapso ambiental e o atual cenário de mercado caminha para a demanda por alimentos industrializados de forma sustentável. Portanto, os microrganismos promotores de crescimento de planta são vistos como tecnologias sustentáveis que afetam as plantas interna e externamente e aumentam a produção e a estabilidade do equilíbrio dos agroecossistemas.

REFERÊNCIAS

AVIZ, R. O.; SILVA, N. S. G.; SANTOS, W. M.; AMARAL, E. M.; SANTOS, J. P. A. S.; SILVA, J. O. N.; SALVADOR, K. R. S.; LEITE, R. M. C.; LEITE, M. L. M. V.; SANTOS, C. E. R. S. Eficiência de fixação de n por rizobactérias nativas do semiárido. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.10, p.81-92, 2021.

BARCELLOS, T. **Como o inoculante BiomaPhos contribui para o aumento da produtividade.** Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/biomaphos/>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

BECHTAOUI, N.; RAKLAMI, A.; BENIDIRE, L.; TAHIRI, A.I.; GÖTTTFERT, M.; OUFDOU, K. Effects of PGPR Co-inoculation on growth, phosphorus nutrition and phosphatase/phytase activities of faba bean under different phosphorus availability conditions. **Polish J. Environ. Stud.** 29, 1557–1565, 2020.

CARVALHO FILHO, M. R.; Mello, S. C. M.; Santos, R. P.; Menêzes, J. E. (2008). Avaliação de isolados de Trichoderma na promoção de crescimento, produção de ácido indolacético in vitro e colonização endofítica de mudas de eucalipto. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 226).

CASTIGLIONI, P.; WARNER, D.; BENSEN, R. J.; ANSTROM, D. C.; HARRISON, J.; STOECKER, M.; ABAD, M.; KUMAR, G.; SALVADOR, S.; D'ORDINE, R.; NAVARRO, S.; BACK, S.; FERNANDES, M.; TARGOLLI, J.; DASGUPTA, S.; BONIN, C.; LUETHY, M. H.; HEARD, J. Bacterial RNA chaperones confer



abiotic stress tolerance in plants and improved grain yield in maize under water-limited conditions. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 147, n. 2, p. 446-455, 2008.

DIDONET, D. A.; LIMA, O. S.; CANDATEN, M. H.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido à inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 401-411, 2000.

GÍRIO, L. A. S. **Eficiência Agronômica De Bactérias Diazotróficas Na Cultura Da Cana- De-Açúcar (*Saccharum spp.*)**: Orientador: Prof. Dr. Miguel Angelo Mutton. 2014. 1-72 f. Dissertação (Mestrado) Unesp, Jaboticabal - SP, 2014.

GLICK, B. R. (2012). "Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications", **Scientifica**, 2012, 1-15.

GOLDSTEIN, A.; LESTER, T.; BROWN, J. Research on the metabolic engineering of the direct oxidation pathway for extraction of phosphate from ore has generated preliminary evidence for PQQ biosynthesis in *Escherichia coli* as well as a possible role for the highly conserved region of quinoprotein dehydrogenases. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1647, p. 266-271, 2003.

GOMES, E. A.; SILVA, U. C.; PAIVA, C. A. O.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, V. L; *Microrganismos Promotores do Crescimento de Plantas (MPCP)*. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas - MG, ano 2016, ed. 21, p. 1-53.

JORGUERA, M. A.; CROWLEY, D. E.; MARSCHNER, P.; GREINER, R.; FERNANDEZ, M. T.; ROMERO, D.; MENEZES-BLACKBURN, D.; MORA, M. L. Identification of β -propeller phytase encoding genes in culturable *Paenibacillus* and *Bacillus* spp. from the rhizosphere of pasture plants on volcanic soils. **FEMS Microbiology Ecology**, Amsterdam, v. 75, p. 163-172, 2011.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphatesolubilizing microorganisms in sustainable agriculture: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 27, p. 29-43, 2007.

KPOMBLEKOU, A. K., TABATABAI, M. A. (1994). Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. **Soil Science**, 158, 442-453.

MACHADO; D. F. M., PARZIANELLO, F. R., SILVA, A. C. F., & ANTONIOLLI, Z. I. (2012). **Trichoderma no Brasil**: O fungo e o bioagente. Revista de



Ciências Agrárias, 35, 274-288. <https://doi.org/10.19084/rca.16182>.

MARRA, L. M. Solubilização de fosfato por bactérias e sua contribuição no crescimento de leguminosas e gramíneas. 2012. 142 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJMAKERS, J. M. The rhizosphere microbiome: significance of plant-beneficial, plant pathogenic and human-pathogenic microorganisms. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 37, p. 634-663, 2013.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

NUNES, F. S.; RAIMONDI, A. C.; NIEDWIESKI, A. C. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. Química Nova, São Paulo, v. 26, p. 872-879, 2003.

PIMENTEL, R. M.; BAYÃO, G. F. G.; LELIS, D. L., CARDOSO, A. J. DA S.; SILDARRIAGA, F. V., MELO, C. C. V. SOUZA, F. B. M. V. (2016). Ecofisiologia de plantas forrageiras. **PUBVET**, 10(9), 666-679.

PORTO, E. M. V.; AMARO, H. T. R.; ALVES, D. D.; ANDRADE, W. R.; RUFINO, L. D. A.; GOMES, V. M. (2022). **O capim Andropogon. Informe agropecuário, Belo horizonte**, 43(317), 26-36.

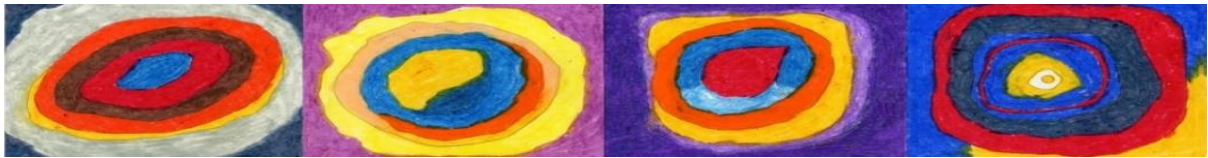
RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. (2004). Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, 91, 552-555.

SANTNER, A.; ESTELLE, M. Recent advances and emerging trends in plant hormone signaling. **Nature**, London, v. 459, p. 1071-1078, 2009.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R. F. de; SILVA, J. A. da; BAPTISTA, R. B.; OLIVEIRA, R. P.; LEITE, J. M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J. B.; ALVES, B. J. R.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; UR QUIAGA, S.; REIS, V. M. Avaliação agronômica de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 261-268, 2012.

SOUZA, R. D.; AMBROSINI, A.; PASSAGLIA, L. M. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics and molecular biology**, 38, 401-419.

SURESHBABU, K., AMARESAN, N.; KUMAR, K. (2016). Amazing multiple



function properties of plant growth promoting rhizobacteria in the rhizosphere soil. **International Journal of Current Microbiololy and Applied Sciences**, 5 (2), 661-683.

WOODWARD, A. W.; BARTEL, B. Auxin: regulation, action, and interaction. **Annals of Botany**, London, v. 95, p. 707-735, 2005.

ZHAO, L.; DENG, Z.; YANG, W.; CAO, Y.; WANG, E.; WEI, G. Diverse rhizobia associated with *Sophora alopecuroides* grown in different regions of Loess Plateau in China. **Systematic and Applied Microbiology**, Stuttgart, v. 33, p. 468-477, 2010.