

Sete Lagoas, MG / Novembro, 2024

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Efeito de diferentes doses de inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) na produtividade de sorgo

Sylvia Morais de Sousa Tinôco¹, Christiane Abreu de Oliveira-Paiva¹, Cícero Beserra de Menezes¹, Eliane Aparecida Gomes¹, Ubiraci Gomes de Paula Lana², Iran Dias Borges³, Isabela Figueiredo de Oliveira⁴

⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. ⁽²⁾ Analista, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. ⁽³⁾ Professor, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas, MG. ⁽⁴⁾ Bolsista de doutorado, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), São João del-Rei, MG.

Resumo – O bioinoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato já demonstrou sucesso em diversas culturas, embora ainda não tenha sido registrado para o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Este produto tem contribuído para a agricultura sustentável no Brasil e pode aumentar a produtividade do sorgo em regiões áridas e semiáridas. Este estudo avaliou diferentes doses de um bioinoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) na produtividade do sorgo, com o objetivo de fornecer recomendações agrícolas e expandir seu uso. Os experimentos foram conduzidos durante duas safras em dois locais com Latossolo Vermelho com textura argilosa, em Sete Lagoas, MG. O delineamento experimental foi estabelecido em blocos casualizados, com quatro repetições para cada um dos seguintes tratamentos: T1: controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação); T2: 50% de adubação fosfatada e sem inoculação; T3: 100% de adubação fosfatada e sem inoculação; T4 a T7: 50% de adubação fosfatada e inoculação nas doses de 80, 100, 120 e 200 mL/ha⁻¹ do bioinoculante na semente da cultivar *Sorghum bicolor* 'BRS 373'. Os resultados indicaram que a dose de 100 mL/ha⁻¹ do bioinoculante combinada com 50% da adubação fosfatada, foi tão eficiente quanto o uso de 100% de adubação, aumentando a produtividade de sorgo mesmo com a redução da dose de fertilizante químico. Concluiu-se que a dose de 100 mL/ha⁻¹ aplicada nas sementes deve ser recomendada por otimizar a produtividade do sorgo, contribuindo para a sustentabilidade agrícola. As informações neste documento contribuem para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o Objetivo 12 (Garantir padrões sustentáveis de produção e consumo) e o Objetivo 2 (Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável). O conteúdo aborda conhecimentos que auxiliam na gestão sustentável e no uso eficiente dos recursos naturais, além de impulsionar a produtividade por meio do uso otimizado de bioinoculantes na cultura do sorgo, impactando principalmente regiões com menor disponibilidade de água.

Embrapa Milho e Sorgo

Rodovia MG 424, KM 65
Caixa Postal 151
35701-098 Sete Lagoas, MG
www.embrapa.br/milho-e-sorgo
www.embrapa.br/fale-conosco/
sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Maria Marta Pastina

Secretário-executivo

Antônio Carlos de Oliveira

Membros

Cláudia Teixeira Guimarães,

Mônica Matoso Campanha,

Roberto dos Santos Trindade e

Maria Cristina Dias Paes

Edição executiva

Márcio Augusto Pereira do

Nascimento

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro

(CRB-6/2749)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Márcio Augusto Pereira do

Nascimento

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

Termos para indexação: Adubação fosfatada, bioinoculante, fósforo, *Sorghum bicolor*

Effect of different doses of inoculant based on phosphate-solubilizing bacteria (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 and *Bacillus megaterium* CNPMS B119) on sorghum productivity

Abstract – The phosphate-solubilizing bacteria-based bioinoculant has proven successful in various crops, although it has not yet been registered for sorghum (*Sorghum bicolor*). This product has contributed to sustainable agriculture in Brazil and has the potential to increase sorghum productivity in arid and semi-arid regions. This study evaluated different doses of a phosphate-solubilizing bacteria-based bioinoculant (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 and *Bacillus megaterium* CNPMS B119) on sorghum productivity, aiming to provide agricultural recommendations and expand its use. The experiments were conducted over two growing seasons at two locations with clay-textured Red Latosols in Sete Lagoas, MG. The experimental design was a randomized block with four replicates for each of the following treatments: T1: control (no phosphate fertilization or inoculation); T2: 50% phosphate fertilization without inoculation; T3: 100% phosphate fertilization without inoculation; T4 to T7: 50% phosphate fertilization combined with inoculation at doses of 80, 100, 120, and 200 mL/ha⁻¹ of the bioinoculant applied to seeds of the sorghum cultivar *Sorghum bicolor* 'BRS 373'. The results indicated that the 100 mL/ha⁻¹ dose of bioinoculant combined with 50% phosphate fertilization was as effective as using 100% phosphate fertilization, increasing sorghum productivity even with reduced chemical fertilizer application. It was concluded that the 100 mL/ha⁻¹ dose applied to seeds should be recommended, as it optimizes sorghum productivity and contributes to agricultural sustainability.

Index terms: Phosphate fertilization, bioinoculant, phosphorus, *Sorghum bicolor*.

Introdução

O Brasil apresenta uma produção crescente de cereais, sendo que a maior parte do cultivo ocorre em solos tropicais com baixa fertilidade natural (Lopes, 1998). No entanto,

o fornecimento adequado de nutrientes, como o fósforo (P), é essencial para elevar a produtividade de culturas como o sorgo, que ocupa a quinta posição entre os cereais mais cultivados no mundo (Menezes et al. 2021).

O aumento das importações de fertilizantes é impulsionado pela expansão das áreas cultivadas e pelos investimentos em tecnologia, que têm favorecido o crescimento da produtividade. Os custos de produção de grãos são influenciados pelas cotações internacionais dos fertilizantes e pelos elevados custos da logística interna no Brasil, um dos maiores desafios para o agronegócio nacional. Por outro lado, estudos da Embrapa apontam que quase metade do P aplicado como fertilizante inorgânico na agricultura nos últimos 50 anos permanece no solo (Withers et al., 2018).

Durante o cultivo, a disponibilidade de P pode ser aumentada pela ação da microbiota do solo ou pelo uso de inoculantes microbianos (Tabassum et al. 2017; Etesami & Maheshwari, 2018). A interação benéfica entre plantas e microrganismos oferece uma solução sustentável para otimizar a produção agrícola (Nazir et al., 2018). A Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com uma empresa privada, desenvolveu um bioinoculante comercial solubilizador de fosfato formulado com as cepas *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119. Este bioinoculante é a primeira tecnologia no Brasil destinada à solubilização de fosfato, convertendo formas insolúveis de P em formas solúveis, tornando-as disponíveis para absorção e assimilação pelas plantas, o que favorece o crescimento e o desenvolvimento em diferentes estágios do ciclo de vida da planta (Oliveira-Paiva et al. 2020; de Sousa et al. 2021; Oliveira-Paiva et al. 2024). A inoculação de microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP) não apenas melhora a biodisponibilidade de P, mas também preserva a integridade do sistema solo-planta.

As cepas *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119 podem associar-se a uma ampla variedade de espécies de relevância comercial, como soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), promovendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Oliveira-Paiva et al. 2020ab; Velloso et al. 2020; Cançado et al. 2021; de Sousa et al. 2021; Souza et al. 2023, Bittencourt et al. 2024; Oliveira-Paiva et al. 2024). No caso do milho, essa tecnologia é capaz de aumentar a absorção de P

e, conseqüentemente, elevar a produtividade em até 12% (Oliveira-Paiva et al. 2020, 2024).

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) adapta-se de forma eficiente a solos pobres em P, utilizando mecanismos próprios de absorção e solubilização, além de interagir com MSP. A inoculação destes microrganismos pode ser uma solução eficaz para garantir a oferta de P às culturas de sorgo em crescimento, apesar de haver pouca informação sobre seu uso e seus efeitos nessa cultura (Rizvi et al., 2021).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito e diferentes doses do bioinoculante contendo bactérias solubilizadoras de fosfato na produtividade do sorgo, cultivado em duas localidades e duas safras, com o intuito

de fornecer recomendações agrícolas e ampliar o uso dessa tecnologia.

Material e métodos

Os experimentos de campo foram conduzidos em duas safras, durante os períodos de 2021/2022 e 2022/2023, nos campos experimentais da Embrapa Milho e Sorgo (latitude 19° 47' Sul, longitude 44° 25' Oeste), e da Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ (latitude 19° 28' Sul, longitude 44° 11' Oeste), localizadas em Sete Lagoas, MG, em um Latossolo Vermelho com textura argilosa (64% de argila).

Tabela 1. Atributos químicos de amostras de solo coletadas antes dos ensaios na camada de 0 a 20 cm provenientes das áreas experimentais da Embrapa Milho e Sorgo e da Universidade Federal de São João del-Rei em Sete Lagoas – MG.

	pH CaCl ₂	V (%)	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC
					cmol _c dm ⁻³						
Embrapa	5,00	45,00	5,60		3,87	0,57	0,46	0,00	5,90	4,90	
UFSJ	5,66	61,00	15,56	2,97	2,61	1,20	0,27	0,20	2,61	4,10	6,70

Saturação por bases (V%); matéria orgânica (MO); soma de bases trocáveis (SB); Capacidade de troca catiônica (CTC). Os micronutrientes, e macronutrientes fósforo (P) e potássio (K) foram analisados por extrator Mehlich-1; Os elementos alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram analisados com o Extrator KCl 1 mol/L; O pH (H+Al) foi analisado com tampão SMP (7,5) e o pH com o Extrator CaCl₂ 0,01 mol/L.

Amostras de solos (0-20 cm) coletadas antes do plantio nas áreas da Embrapa Milho e Sorgo e UFSJ foram analisadas laboratórios de análises químicas, sendo os parâmetros do solo medidos apresentados na Tabela 1.

O delineamento experimental foi estabelecido em blocos casualizados, com quatro repetições para cada um dos tratamentos: T1: controle (sem adubação fosfatada e sem inoculação das sementes); T2: 50 % de adubação fosfatada (equivalente a 56 kg/ha⁻¹ P₂O₅) e sem inoculação das sementes; T3: 100 % de adubação fosfatada e sem inoculação das sementes (equivalente a 112 kg/ha⁻¹ P₂O₅); T4 a T7: 50% de adubação fosfatada e inoculação nas doses de 80, 100, 120 e 200 mL/ha⁻¹, respectivamente do bionoculante microbiano. A inoculação ocorreu via semente de sorgo granífero, com adição de um fixador comercial, na dose de 0,5 g para cada 10 mL de inoculante bacteriano, e adição de bioinoculante para cada uma das doses realizada tendo como base de cálculo a recomendação de 10 mL do bioinoculante bacteriano para cada 1 kg de semente tratada. Todos os componentes foram misturados em saco plástico até completa homogeneização. Em seguida, o saco foi aberto por cerca de 30 minutos para secagem das sementes ao ar livre.

As sementes foram plantadas, respeitando o prazo máximo de 24 h após a inoculação.

A cultivar *Sorghum bicolor* 'BRS 373' foi semeada manualmente, com espaçamento entre linhas de 0,50 m e densidade de 12 plantas por metro linear. Esta cultivar é um híbrido de sorgo granífero da Embrapa Milho e Sorgo desenvolvido especialmente para os plantios em sistemas de sucessão à soja. Tem ciclo superprecoce, baixa suscetibilidade a micotoxinas, tolerância ao alumínio tóxico no solo e ao estresse hídrico e alta produtividade na segunda safra (Embrapa Milho e Sorgo, 2016).

Na adubação da semeadura foi aplicada mecanicamente no sulco de plantio uma mistura de 400 kg/ha⁻¹ de 08-28-16 para o tratamento com 100% de P₂O₅ (T3), e uma mistura de 200 kg/ha⁻¹ de 08-28-16 para os tratamentos com 50% de P₂O₅ (T2, T4, T5, T6 e T7). As doses de fósforo (0%, 50% e 100% da recomendação para a cultura) foram aplicadas manualmente nos sulcos previamente construídos, utilizando superfosfato triplo como fertilizante. A adubação de cobertura foi realizada no estágio de desenvolvimento vegetativo de 5 a 6 folhas (30 a 35 dias após a semeadura), com aplicação na superfície do solo, nas entrelinhas

do sorgo, de 250 kg de ureia 42%. O controle de plantas daninhas foi aplicado pós-emergência (30 dias) com o herbicida atrasina na dose de 4,0 L/ha. A irrigação do experimento foi realizada em dias alternados.

Ao final do ciclo, as panículas foram coletas e realizada a trilhagem e pesagem dos grãos para o cálculo de produtividade. Para a área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, a produtividade de grãos foi estimada com base no peso de grãos da parcela. Já para a área experimental da UFSJ, a produtividade de grãos foi estimada com base no peso das panículas da parcela dividido pelo número de panículas da parcela. O percentual de aumento da produtividade foi calculado subtraindo a produtividade do tratamento controle dos demais tratamentos, dividido pela produtividade do tratamento controle. Os dados de produtividade obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo software estatístico R, versão 4.1.2. Para as comparações estatísticas das médias foi usado o teste LSD (*Least Significant Difference*) a 10% de probabilidade.

Resultados e discussão

Na primeira safra (2021/2022), tanto para a área da Embrapa Milho e Sorgo quanto para a área da UFSJ, quando comparados os tratamentos sem inoculação, a produtividade foi maior no tratamento com 100% de P_2O_5 (T3) em relação ao tratamento com 0 e 50% de P_2O_5 (T1 e T2, respectivamente) (Tabela 2). Na segunda safra (2022/2023), a área da UFSJ apresentou o mesmo resultado, enquanto a da Embrapa apresentou diferença significativa para o T1 comparado com T2, mas não com o T3 (Tabela 2).

Considerando a área experimental da UFSJ, na primeira safra houve aumento significativo da produtividade de sorgo com a adição de 100 mL/ha⁻¹ do bioinoculante (T5), com incremento de 82% quando comparado ao T2 (somente com 50% de P_2O_5). Na segunda safra, a adição de 100 mL/há (T5) e 120 mL/ha (T6) de bioinoculante também promoveu aumento significativo da produtividade, com incremento de 60% e 45%, respectivamente, quando comparado ao T2 (Tabela 2). Com exceção da safra 2022/2023, em Sete Lagoas, a inoculação nas doses de 100 mL/ha⁻¹ e 120 mL ha⁻¹ com 50% de adubação fosfatada (T5 e T6, respectivamente) mostrou a mesma significância estatística do tratamento sem inoculação com 100% de adubação fosfatada (T3). Isso quer dizer que a inoculação nas doses de 100 mL/ha⁻¹ e 120 mL/ha⁻¹ permitiu alcançar a mesma

Tabela 2. Produtividade da cultivar *Sorghum bicolor* 'BRS 373' inoculada com diferentes doses do bioinoculante e de fertilização fosfatada, nos campos experimentais da Embrapa Milho e Sorgo e da Universidade Federal de São João del-Rei nas safras 2021/2022 e 2022/2023.

Tratamento	Inoculante (mL ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (%)	Produtividade de sorgo (kg ha ⁻¹)			
			Safra 2021/2022		Safra 2022/2023	
			Embrapa	UFSJ	Embrapa	
T1	0	0	2.575,00 d	2.482,95 d	1.766,67 c	1.417,36 d
T2	0	50	6.341,67 b	4.511,93 cd	4.675,00 ab	2.326,81 c
T3	0	100	7.900,00 a	7.943,83 ab	3.575,00 bc	3.163,26 ab
T4	80	50	6.658,33 b	5.462,25 abcd	6.075,00 a	2.100,64 cd
T5	100	50	7.633,33 ab	8.206,55 a	6.600,00 a	3.739,13 a
T6	120	50	7.637,50 ab	6.875,00 abc	5.650,00 a	3.377,68 ab
T7	200	50	4.716,67 c	4.967,91 bcd	4.575,00 ab	2.666,68 bc
⁽¹⁾ CV (%)			7,82	27,24	12,89	19,35

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem para teste de Tukey a 10% de probabilidade.

¹CV: coeficiente de variação.

produtividade do tratamento com 100% de P_2O_5 , porém utilizando metade da adição de fertilizante fosfatado (Tabela 2). Além disso, a inoculação das doses de 80, 100 e 120 mL/ha⁻¹ desse inoculante, na safra 2022/2023, em Sete Lagoas, foi superior ao tratamento sem inoculação com 100% de adubação fosfatada (T3). O tratamento com a maior dose de bioinoculante (T7) não refletiu em maior produtividade (Tabela 2).

Com exceção da safra 2022/2023 em Sete Lagoas, a inoculação nas doses de 100 e 120 mL/ha⁻¹ com 50% de adubação fosfatada (T5 e T6, respectivamente) mostrou a mesma significância estatística do tratamento sem inoculação com 100% de adubação fosfatada (T3). Isto é, a inoculação nas doses de 100 e 120 mL/ha⁻¹ permitiu alcançar a mesma produtividade do tratamento com 100% de P_2O_5 , porém utilizando metade da adição de fertilizante fosfatado (Tabela 2). Além disso, a inoculação das doses de 80, 100 e 120 mL/ha⁻¹ desse inoculante na safra 2022/2023 em Sete Lagoas foi superior ao tratamento sem inoculação com 100% de adubação fosfatada (T3). O tratamento com a maior dose de bioinoculante (T7) não refletiu em maior produtividade (Tabela 2).

Um experimento de campo realizado por (Shete et al. 2018) conduzido por três safras consecutivas utilizando uma bactéria solubilizadora de fosfato (BSP) tolerante à seca com ou sem fontes de N e P mostrou um efeito variável no crescimento e na produtividade de uma variedade de sorgo rabi (pós-chuvosa) na Índia. A semente de sorgo inoculada com BSP com 100% de N e 75% de P_2O_5 recomendados resultou em maiores plantas e maior produtividade, indicando uma economia de 25% de fertilizante químico fosfatado para o sorgo rabi em condições de sequeiro.

Em um outro estudo avaliando genótipos de sorgo, foram inoculadas separadamente duas estirpes de *Bacillus* eficientes na solubilização de fósforo (B116 e B70), sendo as plantas cultivadas sob diferentes fontes de fertilização fosfatada. Os autores observaram que a resposta à inoculação variou conforme o genótipo de sorgo, a fonte de P utilizada e a estirpe microbiana em condições de casa-de-vegetação (Mattos et al. 2020). O genótipo BR007, a inoculação aumentou significativamente o acúmulo de biomassa e o conteúdo de P em casa-de-vegetação, além de elevar a produção e o teor de P nos grãos em condições de campo. No entanto, nenhum efeito foi observado no genótipo SC283 (Mattos et al. 2020). No presente estudo, o genótipo BRS373 se mostrou responsivo à inoculação, sendo sua resposta dependente da dose de inoculante.

Os resultados obtidos corroboram os obtidos previamente para o uso do bioinoculante em outras culturas, onde o ganho médio de produtividade em milho foi de 8,9%, e em soja de 6,3% (Oliveira-Paiva et al. 2020).

Para a cultura de sorgo, os resultados obtidos indicaram que a dose de 100 mL/ha⁻¹ de bioinoculante promoveu aumento significativo da produtividade, uma vez que foi possível obter a mesma produtividade com metade da adubação fosfatada em comparação com a dose recomendada para esta cultura. Assim, o uso combinado do inoculante bacteriano solubilizador de fosfato com genótipos eficientes e responsivos ao P pode reduzir a quantidade de fertilizante fosfatado aplicado anualmente na cultura de sorgo, o que contribui de maneira significativa para a sustentabilidade de todo agroecossistema.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos nas duas áreas experimentais e duas safras, com as condições edafoclimáticas apresentadas, a dose recomendada para aplicação via semente do bioinoculante em sorgo é de 100 mL/ha⁻¹. Esta dose do inoculante combinada com metade da adubação fosfatada recomendada para esta cultura, refletiu em ganhos de produtividade de grãos superiores ou similares aos observados no tratamento com adubação total de P na ausência de inoculação.

Referências

- BITTENCOURT, C. D.; MESSIAS, M.; WENDLAND, A.; FERREIRA, E. P. B. Phosphate-solubilizing inoculant improves agronomic performance of common bean with reduced phosphate fertilizer dose. **Journal of Soil Science Plant Nutrition**, v. 24, p. 5815-5828, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01943-2>.
- BRS 373: híbrido de sorgo granífero: produtividade e precocidade. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 1 folder. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143104/1/BRS-373.pdf>. Acesso em: 9 maio 2024.
- CANÇADO, G. M. A.; VASCONCELOS, J. C. S.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; CHRISTOFOLETTI, D.; SEVERINO, F. J.; PINTO JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, G.; BARBOSA,

L. A. F.; SPERANZA, E. A.; ANTUNES, J. F. G. **Utilização de inoculante líquido solubilizador de fosfato formulado a base dos isolados de *Bacillus megaterium* (B119) e *Bacillus subtilis* (B2084) no plantio da cana-de-açúcar.** Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2021. 25 p. (Embrapa Agricultura Digital. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).

ETESAMI, H.; MAHESHWARI, D. K. Use of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: action mechanisms and future prospects. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 156, p. 225-246, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.013>.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo.** 2 ed. rev. e ampl. Piracicaba: Potafos, 1998. 177 p.

MATTOS, A. B.; MARRIEL, I. E.; SOUSA, S. M.; LANA, U. G. P.; SCHAFFERT, R. E.; GOMES, E. A.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A. Sorghum genotypes response to inoculation with phosphate solubilizing bacteria. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 19, e1177, 2020.

MENEZES, C. B. (ed.). **Melhoramento genético de sorgo.** Brasília, DF: Embrapa, 2021. 546 p.

NAZIR, N.; KAMILI, A. N.; SHAH, D. Mechanism of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) in enhancing plant growth: a review. **International Journal of Management, Technology and Engineering**, v. 8, n. 7, p. 709-721, 2018.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; COTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; SANTOS, F. C. dos; PINTO JUNIOR, A. S.; ALVES, V. M. C. **Viabilidade técnica e econômica do BiomaPhos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020a. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 210).

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JUNIOR, R. **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e**

***Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020b. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 260).

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; BINI, D.; SOUSA, S. M. de; RIBEIRO, V. P.; SANTOS, F. C. dos; LANA, U. G. de P.; SOUZA, F. F. de; GOMES, E. A.; MARRIEL, I. E. Inoculation with *Bacillus megaterium* CNPMS B119 and *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 improve P-acquisition and maize yield in Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, 1426166, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1426166>.

RIZVI, A.; AHMED, B.; KHAN, M. S.; UMAR, S.; LEE, J. Sorghum-phosphate solubilizers interactions: crop nutrition, biotic stress alleviation, and yield optimization. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 746780, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.746780>.

SHETE, M. H.; MURUMKAR, D. R.; INDI, D. V.; TIRMALI, A. M. Effect of drought tolerant strains of phosphate solubilizing bacteria on growth and yield of Rabi sorghum. **Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development**, v. 33, n. 1, p. 59-63, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5958/2231-6701.2018.00011.8>.

SOUSA, S. M.; de; OLIVEIRA, C. A. de; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G. de; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; GOMES, E. A. Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 867-877, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10146-9>.

SOUZA, A. E. S. de; FILLA, V. A.; SILVA, J. P. M. da; BARBOSA JÚNIOR, M. R.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A. de; COELHO, A. P.; LEMOS, L. B. Application of *Bacillus* spp. Phosphate-solubilizing bacteria improves common bean production compared to conventional fertilization. **Plants**, v. 12, n. 22, 3827, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12223827>.

TABASSUM, B.; KHAN, A.; TARIQ, M.; RAMZAN, M.; KHAN, M. S. I.; SHAHID, N.; AALIYA, K. Bottlenecks in commercialisation and future prospects of PGPR. **Applied Soil Ecology**, v. 121, p. 102-117, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.030>.

VELLOSO, C. C. V.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. de P.; CARVALHO, C. G. de; GUIMARÃES, L. J. M.; PASTINA, M. M.; SOUSA, S. M. de. Genome-guided insights of tropical *Bacillus* strains efficient in maize growth promotion. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 96, n. 9, f1aa157, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsec/f1aa157>.

WITHERS, P. J. A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T. S. de; GUILHERME, L. R. G.; BENITES, V. de M.; GATIBONI, L. C.; SOUSA, D. M. G. de; NUNES, R. de S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, v. 8, article 2537, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20887-z>.