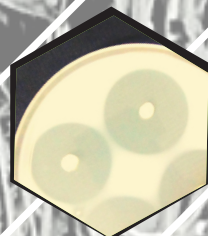
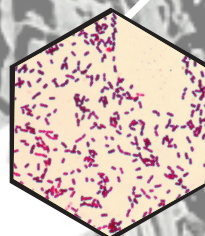
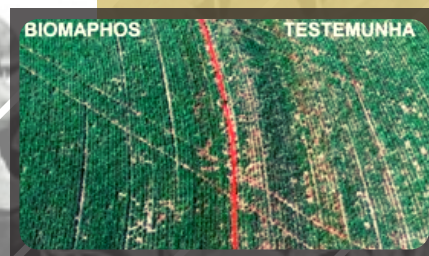
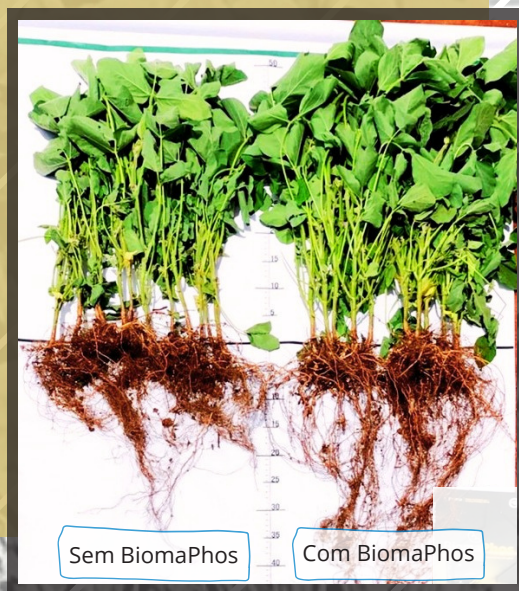


Sete Lagoas, MG
Novembro, 2021

Validação da recomendação para o uso do inoculante BiomaPhos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) na cultura de soja

Christiane Abreu de Oliveira-Paiva
Luciano Viana Cota
Ivanildo Evódio Marriel
Vera Maria Carvalho Alves
Eliane Aparecida Gomes
Sylvia Moraes de Sousa
Flávia Cristina dos Santos
Fabiane Ferreira de Souza
Elena Charlotte Landau
Artur Soares Pinto Junior
Ubiraci Gomes de Paula Lana

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Validação da recomendação para o uso do inoculante BiomaPhos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) na cultura de soja¹

Introdução

O Brasil é o País com o maior potencial de expansão da produção agrícola no globo, devendo se tornar, nos próximos cinco anos, o maior exportador de grãos do planeta, superando os Estados Unidos. Para suprir a demanda nacional do agronegócio por nutrientes, o País importa, em média, 70% dos fertilizantes nitrogenados e fosfatados e acima de 95% dos fertilizantes potássicos (Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2019; GlobalFert, 2021). Atualmente, a China, a Índia, os Estados Unidos e o Brasil são os maiores consumidores de fertilizantes, concentrando 58% da demanda mundial e influenciando diretamente na dinâmica do mercado e na formação de preços (GlobalFert, 2021). A dependência de importação de fertilizantes fosfatados, além de elevar os custos de produção, deixa a agricultura vulnerável às oscilações do mercado externo, reduzindo a competitividade do agronegócio brasileiro.

As maiores reservas brasileiras de rochas fosfáticas ocorrem em rochas ígneas. Elas respondem por 80% da produção nacional de fosfato e apresentam teores médios solúveis em ácido cítrico de P_2O_5 variando entre

¹ Christiane Abreu de Oliveira-Paiva, Eng. Agrôn., Doutora em Biologia Vegetal, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Luciano Viana Cota, Eng. Agrôn., Doutor em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Ivanildo Evódio Marriel, Eng. Agrôn., D.Sc. em Biologia Celular, Pesquisador em Microbiologia da Embrapa Milho e Sorgo; Vera Maria Carvalho Alves, Eng. Agrôn., Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Eliane Aparecida Gomes, Bióloga, Doutora em Genética, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Sylvania Moraes de Sousa, Bióloga, Doutora em Biologia Molecular, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Flávia Cristina dos Santos, Eng. Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Fabiane Ferreira de Souza, Química, Analista da Embrapa Milho e Sorgo; Elena Charlotte Landau, Bióloga, Doutora em Ecologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Artur Soares Pinto Junior, Simbiose - Indústria e Comércio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos, Dept. de P&D; Ubiraci Gomes de Paula Lana, Químico, Doutor em Genética, Analista da Embrapa Milho e Sorgo.

4% e 15%. Estas rochas possuem mineralogia mais complexa, com baixo grau de uniformidade, tornando o aproveitamento industrial mais difícil e, conseqüentemente, mais oneroso. Por este motivo, o preço médio do fosfato brasileiro é mais elevado do que o praticado globalmente (Schueler et al., 2019) e sua eficiência é menor que a dos fosfatos reativos (Souza et al., 2014).

O fósforo (P) é um nutriente limitante para o crescimento das plantas, pois, apesar de o P total da maioria dos solos ser relativamente elevado, o P disponível para as plantas é muito baixo, principalmente em solos tropicais intemperizados (Novais; Smyth, 1999). O fósforo é um dos nutrientes mais limitantes para o desenvolvimento das plantas e sua deficiência pode causar atraso no crescimento e interferir nos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento das células vegetais (Hammond; White, 2008). Em soja, além de essencial para o metabolismo energético, também contribui para a nodulação e conseqüente fixação do nitrogênio atmosférico.

Os solos que apresentam maior capacidade de fixação de P ocupam cerca de 1 bilhão de hectares nos trópicos (Sanchez; Logan, 1992). Em geral, apenas 0,1% do P total do solo existe em uma forma solúvel, prontamente disponível para absorção imediata pelas plantas (Zhou et al., 1992). Por esta razão, ele precisa ser suplementado na maioria dos solos agrícolas pela adição de fertilizantes químicos sintéticos. Por outro lado, estima-se que uma grande proporção do P adicionado ao solo via fertilizantes e não removido pelas culturas (>70%) permanece no solo em formas não disponíveis para as plantas (Pavinato et al., 2020). Nos solos brasileiros, a maior parte do P encontra-se imobilizado nas formas insolúveis de fosfatos de cálcio, ferro e alumínio ou fortemente adsorvido a argilominerais (Novais; Smyth, 1999).

A importância global da agricultura brasileira e seu impacto na economia nacional reforçam a necessidade de associar a alta produção agrícola ao uso sustentável dos recursos naturais. Assim, uma abordagem estratégica para o manejo integrado de fertilizantes consiste na possibilidade de maximizar a absorção e liberação de P do solo pelo uso de microrganismos, que promovam o crescimento do sistema radicular das plantas e a disponibilização de formas solúveis desses nutrientes nesta região. O desenvolvimento de produtos fertilizantes à base de microrganismos (inoculantes) abre uma nova

perspectiva para aumento da produtividade e da fertilidade dos solos, com potencial para substituição parcial ou total de fertilizantes sintéticos.

A inoculação com microrganismos solubilizadores de fosfato (MSP) tem sido realizada em soja, desde a década de 1950 (Kudashev, 1956), com resultados positivos já observados na Índia (Wasule et al., 2007), na China (Wang et al., 2020) e no Paquistão (Afzal et al., 2010), dentre outros países. No Brasil, a equipe da Embrapa Milho e Sorgo vem pesquisando e selecionando MSP há quase 20 anos (Oliveira-Paiva et al., 2009; Gomes et al., 2014; Sousa et al., 2021; Velloso et al., 2020), culminando no desenvolvimento do inoculante comercial BiomaPhos®, desenvolvido em parceria com a empresa Simbiose/Bioma, do –Paraná, em 2019. Este inoculante contém as estirpes *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *B. megaterium* (CNPMS B119), capazes de aumentar a eficiência do uso de P para as plantas, o que pode resultar no aumento da produtividade e, no futuro, na utilização de menores doses de fertilizantes fosfatados. Estas duas estirpes foram isoladas de áreas agrícolas distintas no País, onde prevalece o cultivo de cereais (Oliveira-Paiva et al., 2009; Abreu et al., 2017). A estirpe de *B. megaterium* (CNPMS B119) foi isolada da rizosfera de milho, e tem capacidade de solubilizar fosfatos de cálcio e de rocha e produzir fosfatase, enquanto a estirpe de *B. subtilis* (CNPMS B2084) é endofítica, solubiliza fosfato de cálcio e ferro, apresenta alta produção de ácido glucônico e enzima fitase (Abreu et al., 2017; Oliveira-Paiva et al., 2020a; Velloso et al., 2020). Além disso, estas estirpes possuem propriedades distintas de promoção de crescimento, como a produção de AIA, sideróforos, exopolissacarídeos e formação de biofilme que estimulam o aumento da superfície radicular, especialmente de raízes mais finas (Sousa et al., 2021; Velloso et al., 2020). Bactérias do gênero *Bacillus* possuem ainda a capacidade de formar endósporos, permitindo que se adaptem a condições abióticas extremas, como temperatura, pH, radiação, dessecação, luz ultravioleta ou exposição a pesticidas (Bahadir et al., 2018).

O inoculante BiomaPhos® foi indicado inicialmente para milho. No entanto, para fins de recomendação agrícola e expansão de seu uso, diversos experimentos foram realizados para avaliar sua eficiência na cultura da soja, o que resultou no registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para esta cultura em 2021. O BiomaPhos® é um produto que contém a tecnologia Embrapa para o aumento da eficiência de

uso do fósforo por microrganismos para as plantas. Isto pode resultar em menores doses de fertilizante e, conseqüentemente, menos dispêndio de energia na produção e no transporte, com menor emissão de gases de efeito estufa e CO₂. Além disso, aumentando a produtividade das culturas, diminui a pressão sobre novas áreas e aumenta a sustentabilidade dos atuais sistemas de produção. Assim, representa uma contribuição para atingir a meta do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 -Consumo e Produção Sustentáveis”.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência do inoculante na cultura soja em condições de cultivo comercial no País.

Aumento de produtividade com o uso do inoculante BiomaPhos®

As unidades de observação foram conduzidas em áreas de produção comercial de soja com o auxílio da empresa Simbiose/Bioma e colaboração de produtores locais, com o protocolo e a supervisão da Embrapa. As avaliações foram conduzidas nos estados da Bahia, de Goiás, do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e São Paulo durante a safra 2020/2021.

Em todos os locais os produtores selecionaram áreas homogêneas de 20 ha (baseado no histórico de cultivo e produção), onde a metade recebeu sementes inoculadas com BiomaPhos® e a outra metade recebeu sementes não inoculadas. O inoculante foi aplicado via tratamento de sementes na dose de 100 ml/ha, na hora do plantio, para evitar o contato e a influência do tratamento químico realizado pelo produtor ou da semente pré-tratada em até 48 horas. O controle de pragas e doenças, a adubação e os demais tratos culturais foram realizados conforme recomendação para a cultura em cada região (Seixas et al., 2020). Ao final do ciclo da cultura foi determinada a produtividade de grãos (kg/ha) colhendo-se separadamente as áreas com e sem aplicação de inoculante. A umidade dos grãos foi corrigida para o padrão recomendado de 13%.

A análise econômica, para os dados de produtividade de grãos, foi realizada em todas as unidades de observação conduzidas. Para tal, considerou-se a

relação entre o rendimento de grãos, expressa em sacas/ha (sacas de 60 kg), das áreas onde foi realizada a aplicação do BiomaPhos®, em relação à testemunha sem aplicação. Para o cálculo do custo da aplicação do BiomaPhos® foi considerado o custo médio do produto no distribuidor (R\$ 700,00/L) e a dose aplicada de 100 ml/ha. Os valores de custo para aplicação foram expressos em sacas/ha, considerando-se o valor médio da saca de soja no mês de julho de 2021 (Agrolink, 2021) e a cotação média por estado. Foi realizada a análise de correlação entre o incremento de produção com a inoculação com o BiomaPhos® e a produtividade da testemunha utilizando coeficiente de correlação de Pearson. Para cada estado as médias dos tratamentos, com e sem inoculação com BiomaPhos®, foram comparadas entre si pelo teste t ($P \leq 0,05$).

Foram conduzidas 415 unidades de observação com inoculação do BiomaPhos® na cultura da soja na safra 2020/2021. As avaliações foram realizadas em nove estados e 212 municípios, nas principais regiões produtoras de soja do Brasil (**Figura 1**).

Em todos os locais, a produtividade de grãos foi maior nas áreas inoculadas. Considerando todos os locais de avaliação, o ganho médio variou entre 1,3% e 25,8%, com média de 7,8%. O incremento de produção variou de 1,0 a 15,8 sacas/ha, com média de 4,8 sacas/ha. Quando analisados os dados por estado, o maior ganho médio foi registrado em Mato Grosso (10,8%) e o menor em Mato Grosso do Sul (5,6%). O maior ganho em sacas/ha foi registrado em São Paulo (5,7 sc/ha) e o menor no Rio Grande do Sul (4,6 sc/ha) (**Tabela 1**). Em todos os locais avaliados o ganho com a inoculação foi maior do que o custo de aplicação (**Tabela 1; Figura 2**). O custo médio da aplicação do inoculante foi 0,5 sc/ha de soja. A cotação da saca de soja variou pouco entre os estados produtores. Considerando o ganho médio para o Brasil, o ganho com a inoculação do BiomaPhos® foi de quase dez vezes o custo da aplicação.

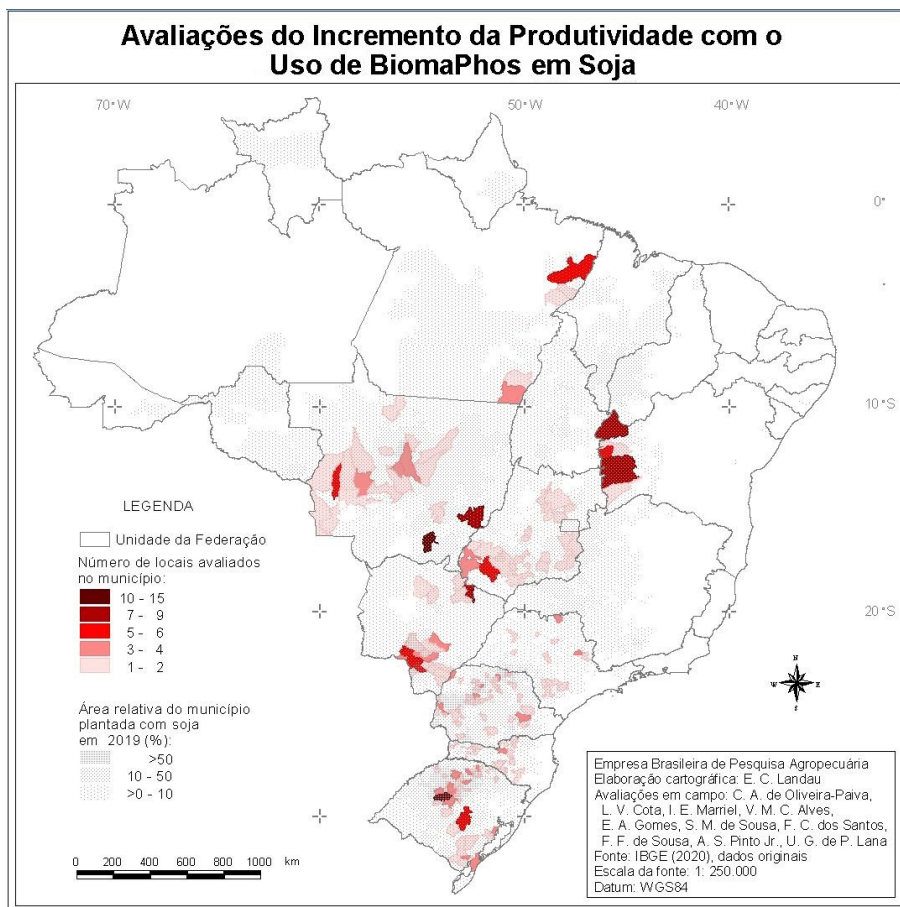


Figura 1. Estados e municípios onde foram conduzidos os experimentos de avaliação da inoculação com o inoculante BiomaPhos® na cultura da soja na safra 2020/2021.

Tabela 1. Ganho médio de produtividade (%), amplitude do ganho (%), ganho médio (sc/ha), amplitude de ganho (sc/ha), custo por saca (R\$/sc) e custo aplicação (sc/ha) do inoculante BiomaPhos® na cultura soja em experimentos conduzidos nas safras 2020/2021 em diferentes Estados.

Estado	N*	Ganho médio (%)	Amplitude ganho (%)	Ganho médio (sc/ha**)	Amplitude ganho (sc/ha)	Custo Saca*** (R\$/sc)	Custo de aplicação (sc/ha)
BA	30	9,9	2,9-25,8	4,8	1,3-12,9	153,2	0,5
GO	47	9,0	2,7-22,0	4,8	1,5-11,4	155,8	0,4
MS	42	5,6	1,4-14,7	4,7	1,2-12,8	153,2	0,5
MT	51	10,8	2,8-41,2	5,0	1,1-12,9	153,2	0,5
PA	13	9,1	3,4-18,2	5,3	2,0-10,6	165,7	0,4
PR	75	7,5	1,5-24,8	4,8	1,0-15,8	148,7	0,5
RS	104	6,5	1,4-21,0	4,6	1,0-14,9	151,4	0,5
SC	26	6,1	1,3-16,2	4,7	1,0-12,8	153,9	0,5
SP	21	8,6	1,5-21,7	5,7	1,0-14,4	152,3	0,5
Brasil	415	7,8	1,3-25,8	4,8	1,0-15,8	151,8	0,5

*Número de pontos avaliados em áreas de lavoura comercial de 20 ha

**Saca de 60 kg

***Valor de comercialização da saca de 60 Kg

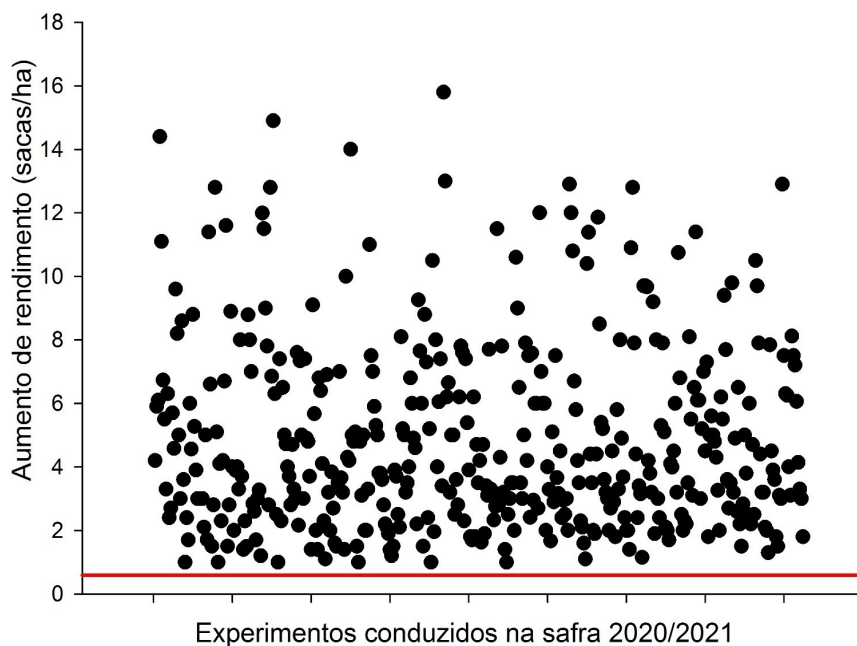


Figura 2. Aumento no rendimento da cultura da soja (sacas/ha) tratada com o inoculante BiomaPhos®, em relação à testemunha sem aplicação, em experimentos conduzidos em diferentes regiões do Brasil na safra 2020/2021. A linha vermelha representa o valor do custo da aplicação (0,5 sc/ha). Cada ponto representa um local de avaliação no País.

A produtividade entre os locais avaliados variou de 22,7 a 103,4 sc/ha (**Figura 3**). Esta variação de produtividade indica que a lavoura em alguns locais passou por algum estresse, o que reduziu a produtividade. No entanto, independentemente do estresse que a lavoura sofreu, os ganhos com a inoculação foram positivos e independentes da produtividade da testemunha ($r=0,06$ e $P=0,9$). Os ganhos percentuais foram maiores em locais com maior estresse por causa da menor produção da testemunha nos locais que produziram de 20 a 40 sc/ha (**Tabela 2**).

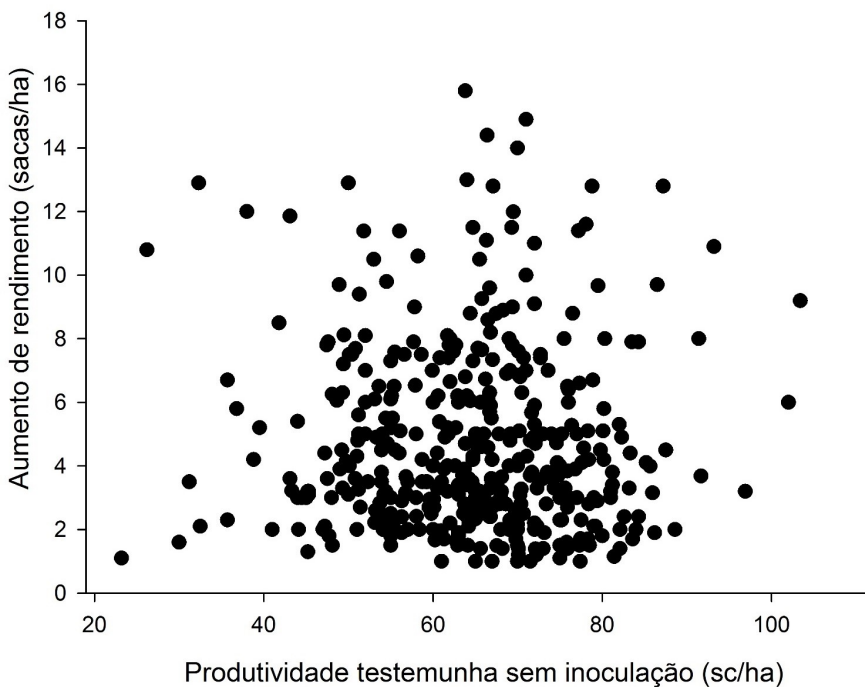


Figura 3. Aumento no rendimento da cultura da soja (sacas/ha) tratada com o inoculante BiomaPhos® (em relação à testemunha sem aplicação) versus a produtividade de grãos na testemunha, em experimentos conduzidos em diferentes regiões do Brasil nas safras 2020/2021. Cada ponto representa um local de avaliação no País.

Tabela 2. Ganho médio de produtividade (%), amplitude do ganho (%), ganho médio (sc/ha), amplitude de ganho (sc/ha) com a aplicação do inoculante BiomaPhos® na cultura soja em experimentos conduzidos nas safras 2020/2021 em função da produção da testemunha.

Produtividade da Testemunha (sc/ha)	N*	Ganho médio (%)	Amplitude ganho (%)	Ganho médio (sc/ha**)	Amplitude ganho (sc/ha)
20-40	12	17,1	5,3-41,2	5,7	1,1-12,9
40-60	124	9,3	2,7-27,5	4,9	1,3-12,9
60-80	236	6,9	1,3-24,7	4,7	1,0-15,8
> 80	37	6,7	1,4-14,7	4,8	1,2-12,8

*Número de pontos avaliados em áreas de lavoura comercial de 20 ha

**Saca de 60 Kg

As médias de produtividade, por estado, foram maiores com a inoculação (**Figura 4**). As maiores médias de produtividade foram registradas no Mato Grosso do Sul, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. Os aumentos de produtividade variam de 10,7% (Bahia) a 5,6% (Mato Grosso do Sul). Estes resultados podem ser visualizados na **Figura 5**, comparativamente às áreas produtivas de soja no País e aos tetos médios.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com os obtidos previamente com o produto BiomaPhos®, aplicado em lavouras comerciais de milho, onde o ganho médio de produtividade foi de 8,9%, e de soja, com ganho de 6,3% (Oliveira-Paiva et al., 2020a).

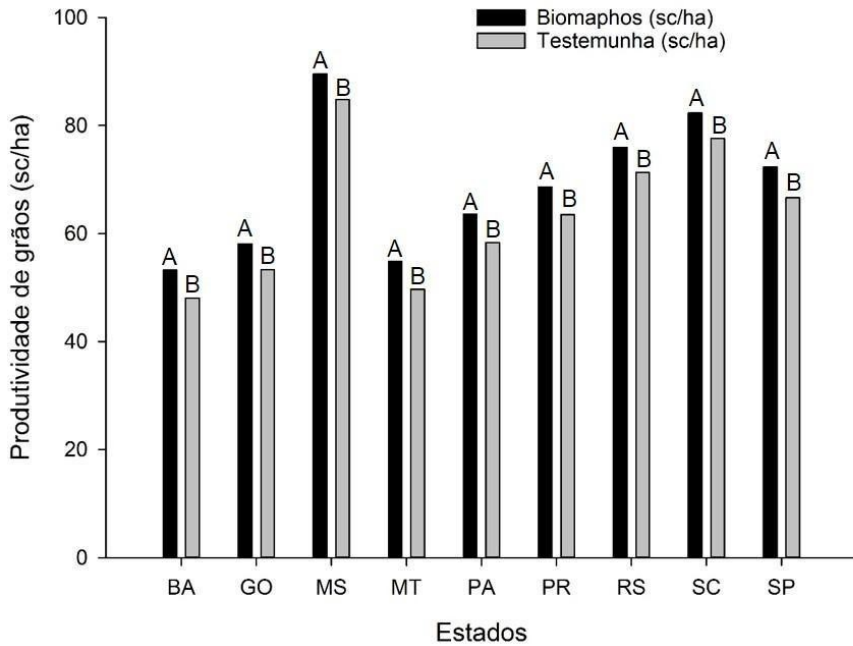


Figura 4. Efeito da inoculação de sementes de soja com o BiomaPhos na produtividade de grãos de soja em lavouras comerciais cultivadas na Bahia, em Goiás, no Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e São Paulo. Pares de médias, para cada estado, seguidos pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste t ($P \leq 0,05$).

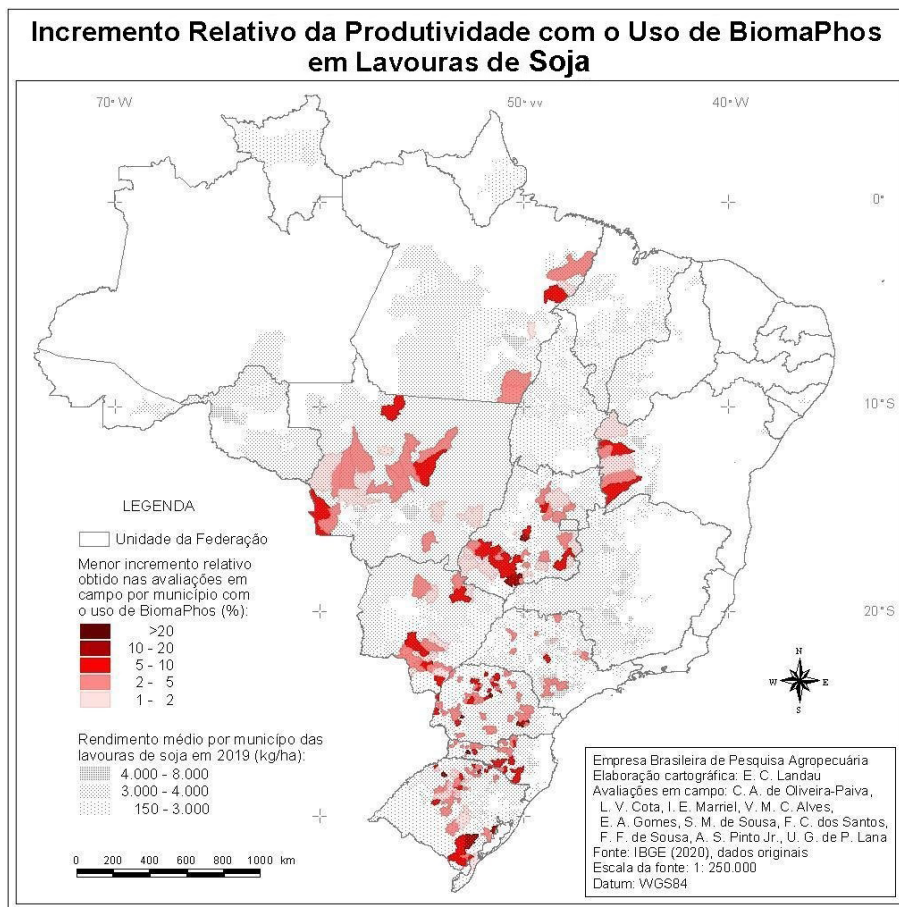


Figura 5. Incremento relativo de produção de soja com o uso de BiomaPhos em relação ao rendimento médio das lavouras de soja por município nas safras colhidas em 2019.

Além dos ganhos de produtividade em áreas de lavoura comercial e experimentais, em estudos da Embrapa ocorreram incrementos em torno de 19% na exportação do P para os grãos, o que possivelmente levou a maiores ganhos de produtividade (Oliveira-Paiva et al., 2020b; Sousa et al., 2021). A maior aquisição de P nos estágios iniciais de crescimento, pelo aumento do sistema radicular e ação de solubilização de P localizada na rizosfera, proporciona uma maior eficiência de absorção do adubo fosfatado e de formas não disponíveis deste nutriente na rizosfera (Mahanta et al., 2018; Sousa et al., 2021). Este fato poderá ocasionar maior vigor e arranque inicial, resultando em maior absorção do P e maiores produtividades (Corrêa et al., 2004).

Os resultados obtidos confirmam a alta eficiência do BiomaPhos®, que pode ser explicada pelo fato de o produto ser formulado com duas cepas do gênero *Bacillus*, isoladas de condições distintas em áreas agrícolas do País, onde prevalece o cultivo de cereais (Oliveira-Paiva et al., 2009; Abreu et al., 2017). Diante desses resultados, o uso do BiomaPhos® pode ser considerado uma importante estratégia para crescimento da produtividade e aumento da eficiência no aproveitamento de fosfatos pelas plantas.

O acesso às reservas de P no solo e a redução da adubação fosfatada com o uso do inoculante necessitam ser avaliados com critério para o melhor posicionamento do produto em função da adubação e do tipo de solo, otimizando seu uso para a cultura da soja em diferentes regiões do Brasil. Apesar da análise de numerosos experimentos realizados pela Embrapa e a empresa parceira e do relato de produtores terem mostrado ganhos de produtividade com a aplicação do inoculante, ainda há variação nas respostas em diferentes locais e tipos de solo. No entanto, na grande maioria dos locais, o ganho produtivo com inoculação foi maior que o custo da aplicação, tendo sido eficiente na cultura da soja ao longo das duas safras avaliadas e em diferentes condições edafoclimáticas, sendo o ganho na safra 2019/2020 relatado em Oliveira-Paiva et al. (2020a).

Conclusão

A aplicação do inoculante BiomaPhos® na dose 100 ml/ha na semente resultou em ganhos médios de produtividade de 7,8%, na safra 2020/2021. O ganho médio econômico com a inoculação foi quase dez vezes superior ao custo da aplicação do produto.

Referências

ABREU, C. S. de; FIGUEIREDO, J. E. F.; OLIVEIRA, C. A.; SANTOS, V. L. dos; GOMES, E. A.; RIBEIRO, V. P.; BARROS, B. de A.; LANA, U. G. de P.; MARRIEL, I. E. Maize endophytic bacteria as mineral phosphate solubilizers. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 1, p. 1-13, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16019294>.

AFZAL, A.; BANO, A.; FATIMA, M. Higher soybean yield by inoculation with N-fixing and P-solubilizing bacteria. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, p. 487-495, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2009041>.

AGROLINK. **Cotações**: soja. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/graos/soja/soja-em-grao-sc-60kg>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo, 2019.

BAHADIR, A.; CEYHAN, A.; GERGIN, Ö. Ö.; YALÇIN, B.; ÜLGER, M.; ÖZYAZGAN, T. M.; YAY, A. Protective effects of curcumin and beta-carotene on cisplatin-induced cardiotoxicity: an experimental rat model. **Anatolian Journal of Cardiology**, v. 19, n. 3, p. 213-221, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14744/AnatolJCardiol.2018.53059>.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, dez. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001200010>.

GLOBALFERT. **Importação de fertilizantes bate recorde em 2020**. Análises. Disponível em: <https://www.globalfert.com.br/analises/importacao-de-fertilizantes-bate-recorde-em-2020/>. Acesso em: 9 mar. 2021.

GOMES, E.; SILVA, U.; MARRIEL, I.; OLIVEIRA, C.; LANA, U. Rock phosphate solubilizing microorganisms isolated from maize rhizosphere soil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 69-81, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p69-81>.

HAMMOND, J. P.; WHITE, P. J. Sucrose transport in the phloem: integrating root responses to phosphorus starvation. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 1, p. 93-109, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erm221>.

KUDASHEV, I. S. The effect of phosphobacterin on the yield and protein content in grains of Autumn wheat, maize and soybean. **Doki Akad Skh Nauk**, v. 8, p. 20-23, 1956.

MAHANTA, D.; RAI, R. K.; DHARA, S.; VARGHESE, E.; RAJAB, A.; PURAKAYASTHA, T. J. Modification of root properties with phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhiza to reduce rock phosphate application in soybean wheat cropping system. **Ecological Engineering**, v. 111, p. 31-43, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.11.008>.

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

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SCOTTI, M. R.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. T.; SCHAFFERT, R. E.; SÁ, N. M. H. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 9, p. 1782-1787, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.01.012>.

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 JÚNIOR, 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. 21 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 JÚNIOR, 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).

PAVINATO, P. S.; CHERUBIN, M. R.; SOLTANGHEIS, A.; ROCHA, G. C.; CHADWICK, D. R.; JONES, D. L. Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, article 15615, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72302-1>.

SANCHEZ, P.; LOGAN, T. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. (ed.). **Myths and science of soils of the tropics.** Madison: Soil Science Society of America, 1992. p. 35-46.

SCHUELER, T. A.; DOURADO, M. L.; RIZZO, A. C. L. **Processos biotecnológicos para a solubilização de rochas fosfáticas:** o estado da arte. Rio de Janeiro: Cetem, 2019. 45 p. (Série Tecnologia Mineral),

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistema de Produção, 17).

SOUSA, S. M. de; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G. de; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. de P.; 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>.

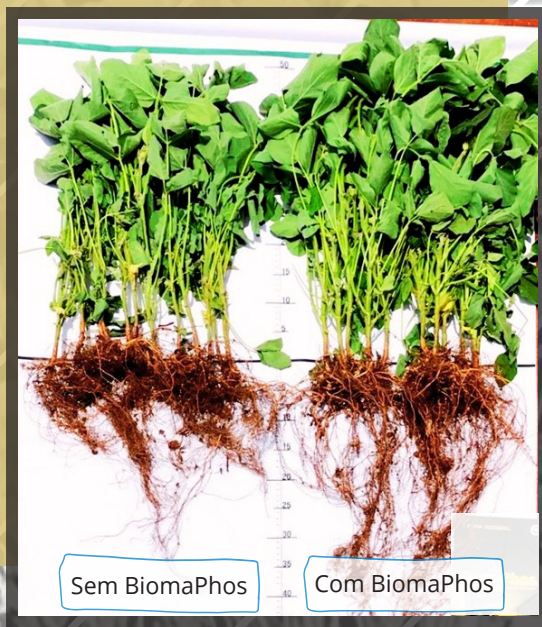
SOUZA, R. M. de; SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; CARVALHO, M. da C. S. Eficiência agrônômica de fosfatos de rocha em solo com elevado teor de cálcio trocável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1816-1825, nov./dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600016>.

VELLOSO, C. C. V.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. de P.; CARVALHO, C. G.; 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, f157, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiaa157>.

WANG, W.; SARPONG, C. K.; SONG, C.; ZHANG, X.; GAN, Y.; WANG, X.; YONG, T.; CHANG, X.; WANG, Y.; YANG, W. Screening, identification and growth promotion ability of phosphate solubilizing bacteria from soybean rhizosphere under maize-soybean intercropping systems. **bioRxiv**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.12.15.422997>.

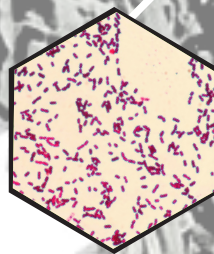
WASULE, D. L.; WADYALKAR, S. R.; BULDEO, A. N. Effect of phosphate solubilizing bacteria on role of *Rhizobium* on nodulation by soybean. In: INTERNATIONAL MEETING ON MICROBIAL PHOSPHATE SOLUBILIZATION, 1., Salamanca, 2007. **Plant and Soil**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 139-142. (Developments in Plant and Soil Sciences, 102).

ZHOU, K.; BINKLEY, D.; DOXTADER, K. G. A new method for estimating gross phosphorus mineralization and immobilization rates in soils. **Plant and Soil**, v. 147, p. 243-250, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00029076>.



Sem BiomaPhos

Com BiomaPhos



Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
 Rod. MG 424 Km 45
 Caixa Postal 151
 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
 Fone: (31) 3027-1100
 Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
Publicação digital (2021)

Embrapa

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

PÁTRIA AMADA **BRASIL**
 GOVERNO FEDERAL

Comitê Local de Publicações
 da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
 Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Arte da capa
Daniel Bini

Fotos da capa
Simbiose/Bioma

CGPE 017110