

Produtividade e características agrônômicas da soja com bactérias solubilizadoras de fósforo associadas a inoculação

João Victor Mioranza Ferreira^{1*}; Estela Millena Zuck¹; Augustinho Borsoi¹

¹ Curso de agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

* joaomioranza3@gmail.com

Resumo: O oeste paranaense com seus solos argilosos tem grande problema com a adsorção do fósforo, isso aumenta os custos de produção e afeta a vida microbiana do solo, as bactérias que solubilizam o fósforo podem ser solução parcial deste problema. Neste contexto, o objetivo deste experimento foi avaliar a produtividade e características agrônômicas da soja com aplicação de bactérias solubilizadoras de fósforo (*Bacillus Megaterium* e *Bacillus Subtilis*) associadas na inoculação. O experimento foi realizado na área rural de Guaraniaçu-PR, entre setembro de 2022 e março de 2023. O delineamento utilizado foi de blocos casualizado (DBC), com quatro tratamentos: T1 - sem adubação fosfatada e sem microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP); T2 - sem adubação fosfatada mais MSP; T3 - 50 % da adubação fosfatada (80 kg ha⁻¹) mais MSP e T4 - 100 % da adubação fosfatada (160 kg ha⁻¹) mais MSP, com cinco repetições. O fertilizante usado foi o super fosfato triplo. Os parâmetros avaliados foram massa de mil grãos, altura de planta, produtividade, grãos por vagem, vagens por planta. Constatou-se que as adições das bactérias com adubação fosfatada proporcionaram maior número de grãos por vagem, massa de mil grãos e na produtividade.

Palavras-chave: *Bacillus megaterium*; *Bacillus subtilis*; *Glycine max*.

Productivity and Agronomic Characteristics of Soybean with Phosphate-Solubilizing Bacteria Associated with Inoculation

Abstract: The western region of Paraná, characterized by its clayey soils, faces a significant issue with phosphorus adsorption. This increases production costs and affects soil microbial life. Phosphate-solubilizing bacteria can offer a partial solution to this problem. In this context, the objective of this experiment was to evaluate the productivity and agronomic characteristics of soybean under the application of phosphate-solubilizing bacteria (*Bacillus megaterium* and *Bacillus subtilis*) associated with inoculation. The experiment was conducted in the rural area of Guaraniaçu, Paraná, between September 2022 and March 2023. A randomized block design (RBD) was used, with four treatments: T1 - without phosphate fertilization and without phosphate-solubilizing microorganisms (PSMs); T2 - without phosphate fertilization but with PSMs; T3 – 50 % of phosphate fertilization (80 kg ha⁻¹) with PSMs; and T4 – 100 % of phosphate fertilization (160 kg ha⁻¹) with PSMs, with five replications. The fertilizer used was triple superphosphate. The evaluated parameters included the thousand-grain weight, plant height, productivity, grains per pod, and pods per plant. The results showed that the addition of bacteria in conjunction with phosphate fertilization increased the number of grains per pod, thousand-grain weight, and productivity.

keywords: *Bacillus megaterium*; *bacillus subtilis*; *Glycine max*.

Introdução

O aumento da produtividade da soja e redução dos custos é uma preocupação constante entre os produtores rurais. O fósforo tem grandes problemas com a adsorção ao solo e a maioria do fósforo encontra-se em formas insolúveis aderido às partículas de solos argilosos com alto teor do mesmo, como é o caso do oeste paranaense. As bactérias podem ser aliadas à cultura da soja para amenizar esse problema organismos vivos esses que fazem a solubilização do fósforo deixando disponível para a planta, trazendo assim, bons resultados econômicos. A adição de fertilizantes fosfatados vem aumentando o custo de produção das lavouras Brasileiras, onde grande parte desses minerais são importados e de custo elevado.

O fósforo quando se encontra deficiente ou indisponível no solo prejudica a produção já nos primeiros estágios da planta de soja, onde se reduz a quantidade de flores pelo abortamento desses mesmos, além de também abortar as vagens pela falta desse nutriente na planta o que afeta diretamente na produção real da cultura (VENTIMIGLIA *et al.*, 1999)

Os latossolos vermelhos do oeste paranaense com altos teores de argila afetam a eficiência da adubação fosfatada pelo fato que em solos argilosos o fósforo tem pouca mobilidade e grande atração pelas partículas de argila, a calagem auxilia na melhora de absorção de fósforo gradualmente na medida em que o pH se aproxima de 6,5 (ROSA; CAPONI e ZANÃO JR. 2016). O uso de microrganismos já é conhecido na fixação de nitrogênio (N) pelo uso de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* como forma de coinoculação aumentando a produtividade e reduzindo custos. Agora como uma forma estratégica de manejo, está dando início no país o uso das bactérias que promovam a disponibilidade de formas solúveis para as plantas do nutriente fósforo (OLIVEIRA-PAIVA *et al.*, 2020).

O fósforo apesar de abundante muito pouco se encontra de forma que a planta possa o utilizar diretamente, um método de facilitar o uso desse fósforo é fazendo uso de alguns microrganismos que fazem a dissolução do fósforo no solo, quando em associação com as raízes as condições de melhor desenvolvimento das plantas são evidentemente satisfatórias, o obstáculo é usar tais organismos a favor das culturas para disponibilizar o fósforo de uma forma absorvível (KHAN *et al.*, 2010). Microrganismos podem aumentar o desenvolvimento radicular aumentando área de contato com solo, além da massa microbiana conter uma quantidade de fósforo que pode estar disponível para as plantas (RICHARDSON; ALAN, 2001).

A quantidade de matéria orgânica está totalmente ligada a quantidade e disponibilidade do fósforo no solo como demonstrado no seguinte trabalho de Almeida *et al.* (2003) onde diz que o fósforo nos latossolos do sul do Brasil está disponível em grandes quantidades, porém diminui em relação aos perfis do solo e a matéria orgânica presente no solo. Em solos novos o

fósforo o principal fornecedor do nutriente aos seres vivos são os fosfatos de cálcio, em solos velhos e muito intemperizados a atuação de microrganismos é de grande importância na disponibilidade de fosfatos na biodisponibilidade, a adsorção dos fosfatos ao solo onde são encontrados na forma orgânica e inorgânica se dá devido a sua grande correlação com a carga de minerais no solo, são usados pelos microrganismos como fonte de carbono e elétrons e o produto dessa atividade é a mineralização e dissolução do fósforo no solo em meio a vida microbiana (SANTOS *et al.*, 2008).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) junto com a BIOMA, vendo a necessidade de implantação de novas tecnologias vem há 20 anos pesquisando formas de disponibilizar o fósforo de forma mais eficiente para as plantas vendo que o nutriente é indispensável para as plantas, resultados desses anos de pesquisa culminaram na criação de um produto, constituído por duas cepas de bactérias sendo elas *Bacillus Megaterium* e *Bacillus Subtilis*. BiomaPhos® registrado no ministério da agricultura para as culturas de soja e milho, constituído por microrganismos que solubilizam o fósforo deixando maior quantidade do nutriente liberado para planta (OLIVEIRA-PAIVA *et al.*, 2021).

Em estudo realizado em Lavras-MG na safra 2018/2019, a inoculação do BiomaPhos® na dosagem de 100 mL ha⁻¹ no sulco de semeadura da soja, foi observado maior enchimento de grãos e produção de massa seca da parte aérea e sistema radicular das plantas. Neste sentido, o objetivo deste experimento foi avaliar a produtividade e características agrônômicas da soja com aplicação de bactérias solubilizadoras de fósforo (*Bacillus Megaterium* e *Bacillus Subtilis*) associadas na inoculação.

Material e Métodos

O experimento foi realizado entre outubro de 2022 a março de 2023, Guaraniaçu-PR na latitude 24,92694°S e longitude 52,93800°O, em uma altitude de 690 metros em relação ao nível do mar. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, com teor de 63 % de argila e os dados da análise de solo estão descritos na Tabela 1.

Segundo o sistema de monitoramento meteorológico ClimaTempo (2022) a temperatura varia anualmente entre 11 a 28 °C, com uma precipitação de chuvas anuais médias de 1888 milímetros, em estudos a partir de dados de três décadas. Durante o experimento as chuvas foram bem divididas praticamente todas as semanas, cerca de 1650 mm.

O delineamento utilizado foi de blocos casualizado (DBC) com quatro tratamentos e cinco blocos, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos foram divididos da seguinte forma: T1- testemunha sem adubação e microorganismos, T2- sem adubação fosfatada com

microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP), T3- 50% da adubação fosfatada 80 kg ha⁻¹ mais (MSP), T4 100% da adubação 160 kg ha⁻¹ fosfatada mais (MSP).

O fertilizante usado foi o super fosfato triplo (41 % de P₂O₅). A área da parcela era de 2 m de largura por 5 m de comprimento. A cultivar de soja usada foi BRASMAX DELTA 5960 na população de 12 plantas por metros lineares ou 266 mil plantas ha⁻¹.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo, determinado em amostras de solo coletadas na camada 0-20 cm antes da implantação do experimento. Guaraniaçu (2022).

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	V%
H ₂ O	g/dm ⁻³	mg/dm ⁻³			Cmol _c /dm ³			%
5,20	48,81	5,40	0,52	7,60	2,08	0,00	15,96	63,91

O local do experimento era cultivado com trigo, onde é a segunda safra anual implantada no local, que anteriormente era utilizada pastagem com animais de corte. Após a colheita do trigo no local foi realizada dessecação química para controle de plantas daninhas.

A semeadura do experimento foi realizada com uma semeadora de plantio direto e adubação em sulco com espaçamento de 45 cm, as sementes foram inoculadas momentos antes do plantio com o produto BiomaPhos® com dosagem de 100 ml para a quantidade de 60.000 sementes de soja de forma direta, ou seja, misturando o produto a semente, com as sementes já tratadas com fungicida e inseticida, como recomenda o fabricante do produto.

Ao final do experimento para análise e obtenção dos resultados foi realizada avaliação de cinco parâmetros: massa de mil grãos (MMG), produtividade em kg ha⁻¹, altura média final das plantas número de vagens por planta e número de grãos por vagem de soja.

A MMG foi aferida contando-se 4 amostras de 100 grãos de cada parcela e extrapolando a média para 1000 grãos. Para o parâmetro produtividade foi realizada a colheita das parcelas de forma manual colhendo as 2 linhas centrais de cada parcela, descartando as bordaduras, após a debulha dos mesmos fazendo os cálculos para a conversão do tamanho da parcela para hectare, corrigida a 13 % de umidade. A altura das plantas foi medida em cinco plantas por parcela, fazendo a média de altura das plantas de todas as parcelas, os dois últimos parâmetros, média de vagens por planta e média de grãos por vagem foi realizado contagem dos dois, contanto vagem por vagem e grão em grão.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico (CRUZ, 2016).

Resultados e Discussão

No decorrer do ano durante o período que a cultura estava implantada na lavoura, as condições climáticas foram propícias a cultura da soja, as chuvas foram bem distribuídas e na quantia necessária para a cultura, em torno de 1650 mm durante o período.

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados do experimento no qual avaliou-se que a adição de adubação fosfatada aliada a inoculação das sementes com as bactérias *Bacillus Megaterium* e *Bacillus Subtilis* e adubação fosfatada. Verificou-se que, não houve diferença significativa entre os tratamentos para número de vagens e altura de plantas ($p > 0,05$). Já para massa de mil grãos, número de grãos por vagem e produtividade houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância e médias para número de vagens por planta (NV), massa de mil grãos (MMG), número de grãos por vagem (NGV), produtividade (PROD) e altura de planta (AP) da soja em função da aplicação de bactérias solubilizadoras de P e adubação fosfatada.

Tratamentos	NV	MMG (g)	NGV	PROD (kg ha ⁻¹)	AP (m)
T1	57,8 a	156,2 b	2,12 b	4845,6 b	1,20 a
T2	63,4 a	160,0 b	2,06 b	4998,8 b	1,26 a
T3	70,4 a	167,8 a	2,41 a	5383,0 a	1,12 a
T4	67,8 a	173,0 a	2,50 a	5617,6 a	1,16 a
Quadrado médio					
Blocos	178,07	48,62	0,012	26274,12	0,012
Tratamentos	152,18 ^{ns}	286,71**	0,22**	622422,18**	0,017 ^{ns}
Média geral	64,85	164,25	2,28	5211,25	1,19
CV(%)	16,84	2,31	5,65	3,48	11,53

QM: quadrado médio. CV: coeficiente de variação. ** significativo a 1 % de probabilidade de erro pelo teste F. ns: não significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade de erro. T1- testemunha sem adubação e microorganismos, T2- sem adubação fosfatada com microorganismos solubilizadores de fósforo (MSP), T3- 50 % da adubação fosfatada 80 kg ha⁻¹ mais (MSP), T4 100 % da adubação 160 kg ha⁻¹ fosfatada mais (MSP),

Para média de vagens por planta não houve diferença significativa sob nenhum dos tratamentos que o experimento foi submetido, porém outros dados avaliados mostram que a quantia de sementes presentes nas vagens foi alterada conforme os tratamentos que foram submetidos. Fatores climáticos do decorrente ano fizeram com que a média de vagens e altura das plantas não sofresse alteração pelos tratamentos já que. Esses parâmetros são influenciados por condições climáticas e químicas do solo (PEIXOTO *et al.*, 2000). A deficiência de fósforo

em leguminosas diminui o potencial de rendimento pela redução da produção de flores e de vagens, maior abortamento dessas estruturas e redução da massa de sementes (OLIVEIRA JÚNIOR; PROCHNOW e KLEPKER, 2011).

Os tratamentos T3 e T4 obtiveram maior número de grãos por vagem, comparando com os tratamentos onde não foi aplicado P (T1 e T2). A quantidade de grãos por vagem reflete diretamente na produtividade da cultura aumentando o volume de grãos. No seguinte experimento realizado em feijão, o número de grãos por locos de vagem foi afetado significativamente pela adubação fosfatada além disso em seu trabalho a média de vagens por planta de feijão foi o parâmetro que mais houve significância dos tratamentos submetidos ZUCAREL *et al.* (2006).

A massa de mil grãos também foi influenciada pela utilização de P, com os tratamentos T3 T4 obtendo maior MMG comparativamente com os tratamentos T1 e T2, onde o tratamento T3 obteve 7,8 g a mais em relação ao tratamento T2 e o tratamento T4 obteve 13 g a mais em relação ao tratamento T2. A MMG aumenta linearmente conforme a adição de fósforo disponível para a planta (BATISTELLA FILHO *et al.*, 2013)

A produtividade novamente não foi afetada pelos tratamentos T1 e T2, porem a produtividade diferiu estatisticamente quando aplicados os tratamentos T3 e T4, com aplicação de 50 e 100 % da dose de P mais bactérias solublizadoras. Como o teor de P no solo estava baixo (Tabela 1) somente a utilização das bactérias não foi suficiente para suprir a necessidade da planta. Já onde foi usado adubação fosfatada ocorreu incremento da produtividade

Oliveira *et al.* (2020) conduzindo experimentos com inoculação do BiomaPhos® em 181 unidades de campo, na cultura da soja nas safras 2018/2019 e 2019/2020, destacam que em todas as lavouras, a produtividade foi maior nas áreas inoculadas. Considerando todos os locais de avaliação, o acréscimo médio variou de 0,3 a 18,5 %, com média de 6,3 % , com ganhos de 0,1 a 11,5 sc ha⁻¹ e média de 4,3 sc ha⁻¹.

Alguns autores sugerem que a melhor disponibilidade do fósforo a soja pode melhorar os atributos fisiológicos da mesma, e resultar em maior incremento produtivo, como citado no trabalho de (TRIGO *et al.*, 1997; PESKE *et al.*, 2009). Trabalho realizado por ROSOLEM e TAVARES (2006) no qual foi usado solução de nutrientes compostos de fósforo como fertilização da soja, constatou que há diferença significativa.

Conclusão

A adubação com fósforo associada a inoculação com as bactérias (MSP) promoveu maior número de grãos por vagem, produtividade e massa de mil grãos da soja. Somente a inoculação com MSP não foi suficiente para fornecer o P necessário a planta, nas condições estudadas.

Referências

- ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 985-1002, 2003.
- BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M. E.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P. D.; CENTURION, M. A. P. D. C.; SYLVESTRE, T. D. B.; RUIZ, J. G. C. L. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 783-790, 2013.
- BINI, D., MARRIEL, I. E., GOMES, E. A., DOS SANTOS, F. C., COTA, L. V., DE SOUSA, S. M.; SOUZA, F. F. **Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 252).
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; AHMED, M.; OVES, M.; & WANI, P. A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi - current perspective. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 56, n. 1, p. 73 - 98, 2010.
- OLIVEIRA, C. C.; COTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SOUSA, S. M.; LANA, U. G. P.; SANTOS, F. C.; JUNIOR, A. S. P.; AIVES, 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, 2020.
- OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; ALVES, V. M. C.; GOMES, E. A.; DE SOUSA, S. M.; LANA, U. D. P.; MARRIEL, I. E. Microrganismos solubilizadores de fósforo e potássio na cultura da soja. In: EMBRAPA SOJA. **Bioinsumos na Cultura da Soja**. Brasília, DF: [s. n.], 2022. cap. 9, p. 163-179.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 376-385, 2011.
- PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 89-96, 2000.

PESKE, F. B.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 95-101, 2009.

RICHARDSON, A. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Functional Plant Biology**, v. 28, p. 897-906, 2001.

ROSA, A.; CAPONI, L. H.; JÚNIOR, L. A. Z. Disponibilidade de fósforo em um Latossolo Vermelho em função do pH do solo. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 5, p. 108-115, 2016.

ROSOLEM, C. A.; TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 385-389, 2006.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, p. 576-586, 2008.

TRIGO, L. F. N.; PESKE, S.T, GASTAL, M. F.; VAHL, L. C.; TRIGO, M. F. O. Efeito o conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, p. 111-115, 1997.

VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 9-15, abr., 2006.