

## Fontes de fósforo associadas à microrganismos solubilizadores na produção da soja

Wanessa Thais Ferreira Duarte<sup>1</sup>, Emerson Zanardi dos Santos<sup>2</sup>, Murilo Assis Marques<sup>3</sup> Thays Mendonça Oliveira<sup>4</sup>, Ricardo de Castro Dias<sup>5</sup>, Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Estudante de Agronomia, UniRV

<sup>2</sup> Estudante de Agronomia, UniRV – PIVIC.

<sup>3</sup> Estudante de Agronomia, UniRV – PIBIC - UniRV.

<sup>4</sup> Coorientadora, Eng. Agrônoma, Mestranda em Produção Vegetal - PPGPV, UniRV.

<sup>5</sup> Orientador, Profa. Dr, Faculdade de Agronomia, UniRV

<sup>6</sup> Orientador, Profa. Dra, Faculdade de Agronomia e PPGPV, UniRV, veridiana@unirv.edu.br.

### Reitor:

Prof. Dr. Alberto Barella Netto

### Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:

Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

### Editor Geral:

Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

### Editores de Seção:

Profa. Dra. Ana Paula Fontana

Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva

Prof. Dr. Fábio Henrique Baia

Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob

Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza

Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

### Fomento:

Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

**Resumo:** A soja é uma cultura de extrema importância econômica, que contém exigências nutricionais principalmente de fósforo, pois é um nutriente de baixa mobilidade no solo e é essencial para o seu desenvolvimento. O objetivou-se avaliar o desempenho da soja com diferentes fontes de fósforo associadas a microrganismos solubilizadores de fosfato. O experimento foi conduzido a campo, adotando-se um delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, onde as parcelas foram fontes de P e as subparcelas, a inoculação de diferentes microrganismos solubilizadores de fósforo. Foram avaliadas alturas de plantas, massa seca de parte aérea e número de vagens por planta, massa de mil grãos e a da produtividade da cultura. Não houve efeito significativo dos tratamentos ( $p \leq 0,05$ ) sobre as características avaliadas na soja. A associação entre fontes de fósforo e microrganismos solubilizadores de fosfato não influenciou no desempenho da soja no ano agrícola 2023/2024.

**Palavras-Chave:** *Bacillus*. *Glycine max* L. Macronutriente. Solubilizadores de fosfato.

### **Phosphorus sources associated with solubilizing microorganisms in soybean production**

**Abstract:** Soybean is an extremely important crop, with nutritional requirements mainly for phosphorus, as it is a nutrient with low mobility in the soil and is essential for its development. The objective of this study was to evaluate the performance of soybean with different sources of phosphorus associated with phosphate-solubilizing microorganisms. The experiment was conducted in the field, adopting a randomized block design in a split-plot scheme, where the plots were sources of P and the subplots, the

*inoculation of different phosphorus-solubilizing microorganisms. Plant heights, dry mass of aerial part and number of pods per plant, thousand-grain weight and crop productivity were evaluated. There was no significant effect of the treatments ( $p \leq 0.05$ ) on the characteristics evaluated in soybean. The association between phosphorus sources and phosphate-solubilizing microorganisms did not influence the performance of soybean in the 2023/2024 agricultural year.*

**Keywords:** *Bacillus. Glycine max L. Macronutrient. Phosphate solubilizers.*

### Introdução

A soja (*Glycine max* L.) é considerada uma oleaginosa extremamente importante no mundo estando presente na alimentação humana e animal. Os grãos dessa cultura são fontes ricas em proteínas, o que justifica sua importância, pois faz parte da dieta de pessoas e de rações para animais. Os grãos de soja, contém 17% de óleo e 50% de proteína e devido à falta de amido se torna uma fonte significativa de proteína para diabéticos (Soybean, 2016).

No mundo existem 127,842 milhões de hectares plantados com soja (Usda, 2023), sendo que 38,502 milhões de hectares são no Brasil (Conab, 2023), que atualmente é o maior exportador mundial de soja, exportando 86,628 milhões de toneladas de soja em grão em 2021, conforme a Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (Anec, 2021).

O fósforo é um nutriente essencial de extrema importância para a cultura da soja, sendo este pouco móvel no solo. Quando em deficiência, deste nutriente pode diminuir o rendimento das plantas, afetando a parte aérea e o sistema radicular, conseqüentemente a planta terá menor formação e baixa atividade dos nódulos fixadores de nitrogênio (N), além de comprometer a exploração do solo por água e nutrientes, isso fará com que ocorra uma diminuição da área foliar, que resultará em menor produção de flores e vagens (Oliveira Júnior; Prochnow; Klepker, 2011).

Os solubilizadores de fósforo são importantes para garantir que tenha a disponibilidade do nutriente no solo para a planta. Os microrganismos solubilizadores de fósforo (MSF) são capazes de se multiplicar e colonizar a rizosfera da planta, com liberação de ácidos orgânicos durante o processo de solubilização, de forma que estes compostos atuam solubilizando o P retido junto ao cálcio, ferro e alumínio, tornando-o disponível para as plantas (Paiva et al., 2021).

Tendo em vista a importância de elucidar as informações sobre os solubilizadores de fosfato na agricultura visando auxiliar os produtores, estudar sobre o assunto é fundamental. Desta forma, o objetivo com o trabalho foi avaliar o desempenho da soja com diferentes fontes de fósforo associadas a microrganismos solubilizadores de fosfato.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, no ano agrícola 2023/2024, adotando-se um delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, onde as parcelas apresentaram a inoculação de diferentes microrganismos solubilizadores de fósforo. Nas subparcelas foram compostas por diferentes fontes de P

Foram empregados 4 microrganismos solubilizadores de P às parcelas. As subparcelas foram compostas por 3 fontes de P (adubação fosfatada padrão com o formulado 2:20:18; adubação fosfatada padrão + condicionador de solo; adubação fosfatada padrão + fertilizante mineral misto). Portanto, o experimento foi composto por 12 tratamentos, com três repetições resultando em 48 unidades experimentais.

As unidades experimentais foram compostas por 6 linhas semeadas com soja, com espaço de 0,5 m entre elas, e comprimento de 6 m, totalizando assim 18 m<sup>2</sup> por subparcela. A área útil foi composta pelas 2 linhas centrais, excluindo-se um metro de cada extremidade. As doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas às parcelas foram definidas com base no resultado da análise química do solo, sendo esta definida em 2 Mg ha<sup>-1</sup>. Todos os tratamentos receberam a mesma dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A aplicação dos fertilizantes ocorreu na ocasião da semeadura da soja. Todos os tratos culturais foram realizados conforme Seixas et al. (2021).

Durante o ciclo da cultura foram avaliadas alturas de plantas, massa seca de parte aérea e vagens por planta. Mediante a colheita foram quantificados a massa de mil grãos e a produtividade da cultura. Os dados de cada característica foram submetidos a ANOVA com o auxílio do programa

computacional SISVAR (Ferreira, 2019). Na observância de significância, as médias dos tratamentos foram analisadas pelo teste de Tukey a  $p \leq 0,05$ .

### Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância (ANAVA) mostra que não houve efeito significativo dos tratamentos para as características avaliadas (Tabela 1). As fontes de variação, fertilizantes fosfatados e solubilizadores de fosfato não influenciaram na altura de plantas (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), número de vagens por planta (VP), massa de mil grãos (PMG) e na produtividade (PROD) da soja, quando avaliados em isolado ou na interação entre eles.

Tabela 1 – Resumo da ANAVA com valor do quadrado médio (F) para dados médios da altura de plantas (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), n° de vagens por planta (VP), massa de mil grãos (PMG) e produtividade de soja submetida a fontes de fósforo associada a solubilizadores de fosfato.

| FV                | GL | F                       |                         |                        |                        |                         |
|-------------------|----|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
|                   |    | AP                      | MSPA                    | VP                     | PMG                    | PROD                    |
| Microrganismo (M) | 4  | 1,5074672 <sup>ns</sup> | 0,8666856 <sup>ns</sup> | 1,909449 <sup>ns</sup> | 2,592275 <sup>ns</sup> | 2,5065675 <sup>ns</sup> |
| Fonte de P (P)    | 2  | 1,2948808 <sup>ns</sup> | 0,8464451 <sup>ns</sup> | 2,047737 <sup>ns</sup> | 1,163335 <sup>ns</sup> | 1,7455435 <sup>ns</sup> |
| M x P             | 8  | 0,033053 <sup>ns</sup>  | 0,7409696 <sup>ns</sup> | 0,838313 <sup>ns</sup> | 1,084090 <sup>ns</sup> | 0,9332044 <sup>ns</sup> |
| Bloco             | 3  | 1,784551 <sup>ns</sup>  | 1,8446522 <sup>ns</sup> | 5,021987*              | 1,149910 <sup>ns</sup> | 1,0658935 <sup>ns</sup> |
| Erro 1            | -  | 44,4923                 | 358,7896                | 1405,4361              | 82,1353                | 79,1493                 |
| Erro 2            | -  | 40,6566                 | 357,6541                | 990,1236               | 85,7635                | 86,4746                 |
| CV (%) 1          | -  | 8,2090                  | 25,3344                 | 37,6114                | 7,1548                 | 6,9316                  |
| CV (%) 2          | -  | 7,8472                  | 25,2942                 | 31,5688                | 7,3111                 | 7,2453                  |

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; CV: Coeficiente de variação; <sup>ns</sup>: não significativo; \*: significativo a 5% de probabilidade. Fonte: autoria própria.

Embora não tenham ocorrido efeitos significativos, a altura de plantas (AP) variou de 74 a 86 cm. A parte aérea da soja (MSPA) apresentou valores de 65,45 a 89,22 (Tabela 2).

Tabela 2 – Altura de plantas (AP) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja submetida a fontes de fósforo associada a solubilizadores de fosfato.

| Solubilizador   | Formulado | Organomineral | Condicionador |
|-----------------|-----------|---------------|---------------|
| <b>AP (cm)</b>  |           |               |               |
| Controle        | 82,75     | 74,00         | 77,50         |
| Solub. P1       | 81,92     | 77,33         | 82,08         |
| Solub. P2       | 86,00     | 81,75         | 81,75         |
| Solub. P3       | 83,42     | 82,50         | 86,08         |
| Solub. P4       | 77,17     | 81,33         | 83,25         |
| <b>MSPS (g)</b> |           |               |               |
| Controle        | 88,92     | 71,47         | 79,47         |
| Solub. P1       | 89,22     | 65,68         | 71,08         |
| Solub. P2s      | 69,38     | 83,23         | 64,48         |
| Solub. P3       | 65,45     | 71,28         | 65,44         |
| Solub. P4       | 82,40     | 77,25         | 76,740        |

Fonte: autoria própria

A soja cultivada na safra 2023/2024 obteve de 62,87 a 128,75 vagens por planta. A massa de mil grãos (PMG) foi de 120,32 a 138,54. A produtividade da soja também não diferiu e os valores encontrados foram de 3.681,70 a 4.239,44 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de vagens por planta (VP), massa de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD) de soja submetida a fontes de fósforo associada a solubilizadores de fosfato.

| Solubilizador                    | Formulado | Organomineral | Condicionador |
|----------------------------------|-----------|---------------|---------------|
| <b>VP</b>                        |           |               |               |
| Controle                         | 112,63    | 103,12        | 97,50         |
| Solub. P1                        | 122,37    | 75,87         | 80,25         |
| Solub. P2                        | 111,75    | 118,87        | 84,37         |
| Solub. P3                        | 80,87     | 62,87         | 90,75         |
| Solub. P4                        | 128,75    | 112,00        | 113,12        |
| <b>PMG (g)</b>                   |           |               |               |
| Controle                         | 126,06    | 122,88        | 131,92        |
| Solub. P1                        | 121,75    | 124,33        | 120,32        |
| Solub. P2                        | 132,37    | 129,39        | 134,71        |
| Solub. P3                        | 123,93    | 133,69        | 128,94        |
| Solub. P4                        | 122,52    | 133,83        | 138,54        |
| <b>PROD (kg ha<sup>-1</sup>)</b> |           |               |               |
| Controle                         | 3.857,51  | 3.760,15      | 4.036,82      |
| Solub. P1                        | 3.725,61  | 3.804,56      | 3.681,70      |
| Solub. P2                        | 4.050,66  | 3.959,34      | 4.122,14      |
| Solub. P3                        | 3.792,44  | 4.090,99      | 3.945,71      |
| Solub. P4                        | 3.749,14  | 4.095,35      | 4.239,44      |

Fonte: autoria própria

Em condições de campo, onde os fatores ambientais são menos controlados, a resposta de MSF é muito variável. Dessa forma, neste estudo pode ter ocorrido competição de microrganismos na rizosfera, já que as plantas recrutam microrganismos específicos do solo, por meio de exsudatos das raízes, que diferem entre as espécies de plantas (Li, et al., 2023). Como também deve-se considerar a labilidade do P no solo. Uma vez que, a baixa disponibilidade de P no solo é considerada uma condição favorável para que microrganismos solubilizadores de P expressem suas características de solubilização de P (Guimaraes, et al., 2023; Raymond, et al., 2021).

Embora as fontes de fósforo associadas aos solubilizadores não tenham acarretado em ganhos na produtividade, ressalta-se que a média encontrada nos tratamentos foi de 3.927 kg ha<sup>-1</sup>. A produtividade alcançada neste estudo foi superior à média nacional de 3.202 kg ha<sup>-1</sup> e a do estado de Goiás que foi de 3.480 kg ha<sup>-1</sup> GO (Conab, 2023). A eficiência de MSF na produtividade da soja pode ser aumentada otimizando-o e adaptando-o às condições locais do solo (Li et al., 2023).

### Conclusão

A associação entre fontes de fósforo e microrganismos solubilizadores de fosfato não influenciou no desempenho da soja no ano agrícola 2023/2024.

### Agradecimentos

A rede de pesquisa AGROBIOTEC pelo apoio técnico e financeiro a este trabalho.

### Referências Bibliográficas

ANEC - Associação Nacional dos Exportadores de Cereais. **Brasil: Safra 2021**. Disponível em: <https://anec.com.br/search?category=ckkwwhofd8400579mtxs6nhfgvt>  
Acesso em: 26 set. 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 12, décimo segundo levantamento, setembro. 2023. Disponível em: [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br).

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

GUIMARÃES, V. F., KLEIN, J., & KLEIN, D. K. Promoção de crescimento e solubilização de fósforo, por *Bacillus Megaterium* e *B. subtilis*, via inoculação de sementes, associado à fertilização fostatada, na cultura da soja. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, 21(9), 11516–11551, 2023. <https://doi.org/10.55905/oelv21n9-055>.

LI, H. P., HAN, Q. Q., LIU, Q. M., GAN, Y. N., RENSING, C., RIVERA, W. L. ZHAO, Q., ZHANG, J. L. Roles of phosphate-solubilizing bacteria in mediating soil legacy phosphorus availability. **Microbiological Research**, v. 272, p. 127375, 2023.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; PROCHNOW, L.I.; KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, n.3, p.376-385, 2011.

PAIVA, A.O.C. et al., 2021. Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação.

RAYMOND, N. S., GÓMEZ-MUÑOZ, B., VAN DER BOM, F. J., NYBROE, O., JENSEN, L. S., MÜLLER-STÖVER, D. S., OBERSON, A., RICHARDSON, A. E. Phosphate-solubilising microorganisms for improved crop productivity: a critical assessment. **New Phytologist**, v. 229, n. 3, p. 1268-1277, 2021.

SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; GODOY, C. V.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; DIAS, W. P.; ALMEIDA, A. M. R. Manejo de doenças. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (Eds.). *Tecnologias de produção de soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 227-264. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17)

SOYBEAN. *Britannica academic*. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <https://academicbritannica.ez180.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/soybean/68954>. Acesso em: 26 set. 2024.

USDA. *World Agricultural Supply and Demand Estimates*. Washington, D.C.: USDA, 2023.