

## **Redução do uso de fertilizantes químicos por microrganismos na cultura do milho**

*Reduction of the use of chemical fertilizers by microorganisms in maize crop*

FREZARIN, Edvan Teciano<sup>1</sup>; SALES, Luziane Ramos<sup>2</sup>; GONÇALVES, Luana Beatriz<sup>2</sup>; GONILHA, Dalilla Berlanda de Lima<sup>2</sup>, SANTOS, Carlos Henrique Barbosa<sup>2</sup>; RIGOBELLO, Everlon Cid<sup>3</sup>.

<sup>1,2</sup>Programa de Pós-graduação em Microbiologia Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP, Brasil, edvan.frezarin@unesp.br; <sup>3</sup>Laboratório de Microbiologia Agrícola, Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP, Brasil, everlon.cid@unesp.br

### **RESUMO EXPANDIDO**

#### **Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas**

**Resumo:** O milho possui extensa área de cultivo no Brasil, porém, grande parte destas áreas apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, o que leva a introdução de grandes quantidades de fertilizantes no ambiente por agricultores. Porém, a adubação química é cara e prejudicial ao meio ambiente. Uma alternativa para reduzir o uso de fertilizantes é a utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência e dosagem adequada de um consórcio bacteriano quanto à assimilação de nutrientes essenciais para o milho. Para isso, avaliou-se a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio das raízes e parte aérea, sob diferentes doses de adubação nitrogenada e do inoculante biológico. Os resultados mostraram que é possível reduzir a adubação em plantações de milho, mantendo estável na planta a concentração dos nutrientes pelo uso de bactérias, porém, doses abaixo de 0,5l/ha podem não ser suficientes, sendo preciso doses maiores ou outras aplicações.

**Palavras-chave:** *Bacillus*; fósforo; nitrogênio; potássio.

#### **Introdução**

O milho é uma gramínea, de origem norte americana, muito cultivada em todo o mundo (PINHEIRO et al., 2021). Apresenta grande importância econômica e social no Brasil, sendo o principal insumo utilizado na alimentação animal e uma importante fonte alimentícia para a população humana (PRESTES et al., 2019), além disso, também pode ser utilizado para a produção de etanol (GALON et al., 2020).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), estima-se que a área plantada com milho no Brasil, incluindo 1º, 2º e 3º safra 2022/23, chegue a 22.126,2 mil hectares, com uma expectativa de produção em 125.498,9 mil toneladas. Os valores são bem expressivos e colocam o Brasil entre os maiores produtores de milho do mundo (SILVA et al., 2020), porém, grande parte do milho é produzido em regiões onde os solos são pobres em nutrientes



(OLIVEIRA et al., 2020), o que leva a introdução de grandes quantidades de fertilizantes no ambiente por agricultores que os cultivam. A adubação química é custosa e boa parte dos nutrientes são perdidos por processos de volatilização, lixiviação e adsorção, gerando impactos ao meio ambiente (FERNANDES et al., 2020). Uma alternativa para reduzir a quantidade de fertilizantes utilizados pela agricultura é a utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas. Estes microrganismos, podem promover o crescimento através de métodos como a fixação biológica de nitrogênio, a produção de fitohormônios e a solubilização de macro e micronutrientes (MORENO, 2019).

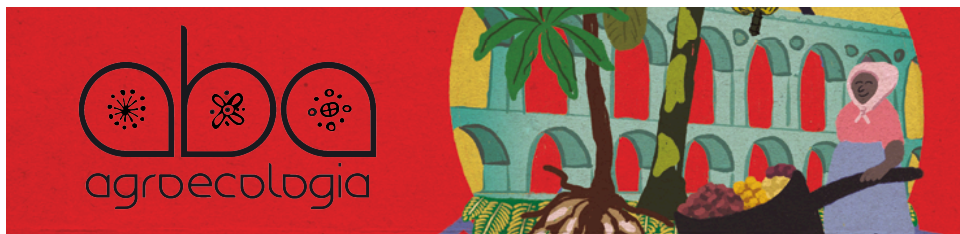
O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência e a dosagem adequada de microrganismos promotores do crescimento de plantas quanto a assimilação de três dos macronutrientes essenciais para o desenvolvimento do milho, além de, propor reduções quanto ao uso de fertilizantes químicos, de modo a reduzir os impactos causados por estes no ambiente sem que haja prejuízos à produtividade da cultura.

## Metodologia

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/FCAV, campus de Jaboticabal, região noroeste do Estado de São Paulo. Foram utilizados vasos de 5 dm<sup>3</sup> preenchidos com solo do tipo latossolo, previamente adubado de acordo com Malavolta et al. (1989), porém, com concentrações distintas entre os tratamentos, que variaram de 50% a 100% da adubação nitrogenada necessária. A profundidade de semeadura foi de 4 centímetros e os tratamentos receberam água diariamente. As cepas utilizadas neste estudo pertencem à coleção de microrganismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola da FCAV/UNESP campus de Jaboticabal. Os *Bacillus* foram crescidos em caldo nutriente, por 72 horas em câmara BOD e aplicados no estágio V4 da cultura, diretamente sobre as folhas a uma concentração final de 5 x 10<sup>8</sup> endósporos/ml. Os vasos foram dispostos em blocos casualizados, sendo 12 tratamentos com 6 repetições. Os tratamentos utilizados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Porcentual de adubação + mix de *Bacillus* utilizado com suas respectivas proporções.

Tratamentos	Adubação nitrogenada (%)	Biológicos utilizados via foliar (l/ha)
1	100	Não utilizado
2	75	Não utilizado
3	50	Não utilizado
4	100	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 0,25
5	100	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 0,5
6	100	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 1
7	75	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 0,25
8	75	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 0,5
9	75	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 1
10	50	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 0,25
11	50	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 0,5
12	50	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i> + <i>B. pumilus</i> - 1



Raízes e parte aérea foram coletadas no início do florescimento e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65°C por 72 horas, para a secagem do material, que foi posteriormente moído em moinho tipo wiley.

A concentração de nitrogênio presente nas raízes e na parte aérea das plantas de milho foram determinadas através da digestão sulfúrica do material moído, seguido pela destilação e titulometria das amostras. Para determinar a concentração de fósforo, as amostras foram submetidas a uma digestão nítrico-perclórica com posterior leitura em espectrofotômetro, ambas as análises de acordo com Malavolta (1989). A metodologia de Silva et al. (2009) foi utilizada para determinar a concentração de potássio das plantas, método que consiste na fotometria de emissão com posterior leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda específico.

Os dados obtidos foram submetidos para a análise de variância, com aplicação do teste F, utilizando o programa AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO JUNIOR, 2011). Quando significativo foi realizado comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Tratamentos com alta adubação e/ou com dosagens mais altas do inoculante biológico, como o 1 e o 6, obtiveram maiores concentrações de nitrogênio nas raízes das plantas do que tratamentos com baixa adubação e/ou doses mais baixas do biológico, como os tratamentos 3, 10 e 11, o valor chegou a cerca de 25,21% mais alto, o que corrobora com os resultados encontrados por Lima et al. (2011) que destacou os efeitos positivos de *B. subtilis* no acúmulo de nitrogênio na cultura do milho. O trabalho de Guimarães et al. (2021), destacou que, de maneira geral, todos os seus tratamentos que receberam metade da dose recomendada para a adubação, não diferiram do tratamento com 100% do adubo quando aplicados bactérias promotoras do crescimento de plantas, resultado que vai de encontro com os dados obtidos neste trabalho, visto que, não foram encontradas diferença estatística em relação a concentração deste nutriente na parte aérea do milho, conforme Figura 1.

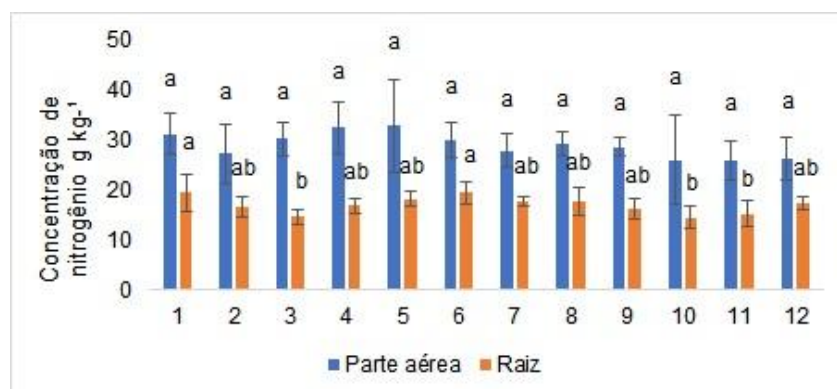
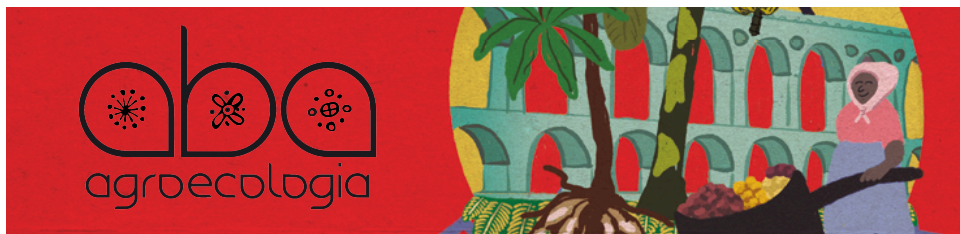


Figura 1. Concentração de nitrogênio em gramas por quilo da parte aérea e raízes de milho. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Os tratamentos 3, 4 e 1, com baixa ou nenhuma aplicação de biológico tiveram menores concentrações de fósforo na parte aérea das plantas de milho, do que outros tratamentos com maiores volume de aplicação, como por exemplo o tratamento 8, que obteve resultado até 41,98% maior. Já em relação as raízes das plantas, o tratamento 4 foi o único que se diferenciou estatisticamente de maneira negativa do tratamento 10 e 3, o restante dos tratamentos mostraram bons resultados que foram equivalentes entre si, conforme Figura 2. Estes resultados vão de encontro com as análises de Ferreira et al. (2021), que evidenciou espécies de *Bacillus* capazes de solubilizar fosfatos, o autor também ressalta a importância do gênero frente aos solos brasileiros, geralmente pobres em fósforo.

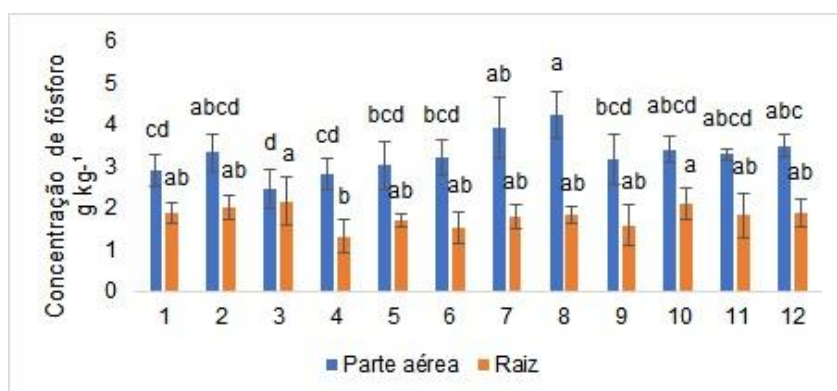


Figura 2. Concentração de fósforo em gramas por quilo da parte aérea e raízes de milho. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os tratamentos 12, 11 e 9, com valores entre 0,5 e 1l/ha do mix de *Bacillus* apresentaram maiores concentrações de potássio nas raízes das plantas do que os tratamentos 3 e 2, que não receberam o inoculante biológico, o valor chegou a ser 50,3% maior. Em relação a parte aérea do milho, destaque para os tratamentos 7, 8 e 12, que também receberam doses do inoculante, conforme Figura 3. Nossos dados corroboram com os encontrados por Silva (2022), que observou aumentos no teor de potássio, em plantas de milho inoculadas com consórcios contendo *B. subtilis*.

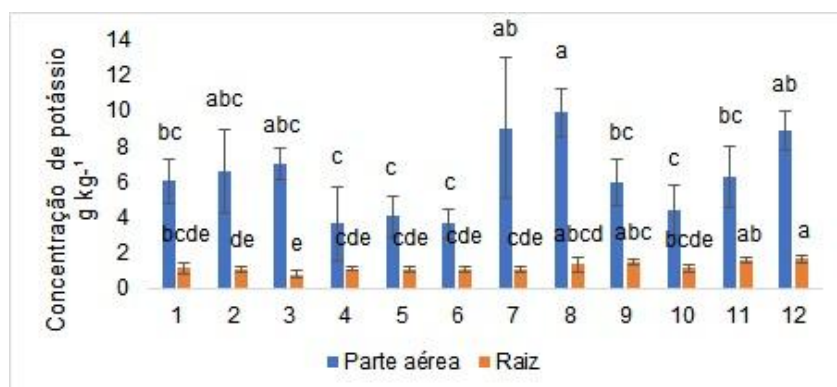
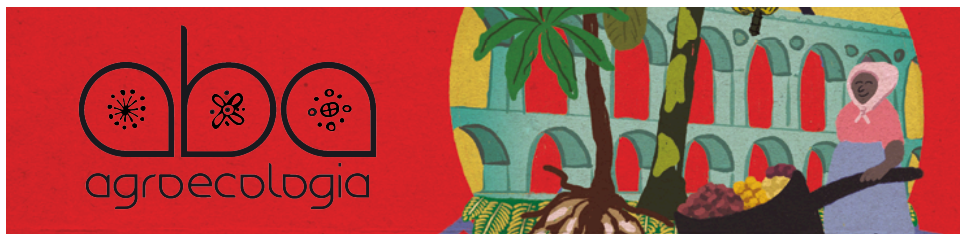


Figura 3. Concentração de potássio em gramas por quilo da parte aérea e raízes de milho. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



## Conclusões

Os dados obtidos em casa de vegetação indicam que é possível reduzir a adubação química em plantações de milho utilizando microrganismos produtores do crescimento de plantas, bem como, manter estável na planta a concentração de três dos macronutrientes essenciais para a cultura nestas condições, porém, doses abaixo de 0,5l/ha podem não ser o suficiente, sendo preciso doses mais altas ou mesmo, outras aplicações.

## Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001, ao Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP/FCAV e ao Laboratório de Microbiologia Agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP/FCAV.

## Referências bibliográficas

BARBOSA, José C.; MALDONADO JÚNIOR, Walter. **AgroEstat**: sistema para análise estatística de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: FCAV/Unesp, 2011.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária: Safra 2022/23**, 2023.

FERNANDES, Pedro H.; PORTO, Douglas W. B.; FRANÇA, André C.; FRANCO, Miguel H. R.; MACHADO, Caroline M. M. Use of phosphate organomineral fertilizers in the cultivation of lettuce and corn in succession. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 37907–37922, 2020.

FERREIRA, Thiago C.; LAGO, Lucas; SILVA, Lucas G, PACIFICO, Marina G.; FARIA, Mírian R.; BETTIOL, Wagner. Potencial de *Bacillus* spp. em promover o crescimento e controlar *Fusarium verticillioides* em milho. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 4, p. 195-203, 2021.

GALON, Leandro; GABIATTI, Ricardo L.; AGAZZI, Luciana R.; WEIRICH, Sabrina N.; RADÚNZ, André L.; BRANDLER, Daiani; BRUNETTO, Leonardo; SILVA, Antônio M. L.; ASPIAZÚ, Ignacio; PERIN, Gismael F. Competition between corn hybrids with weeds. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. 1-26, 2020.

GUIMARÃES, Vandeir F.; KLEIN, Jeferson; SILVA, Andre S. L.; KLEIN, Débora K. Inoculant efficiency containing *Bacillus megaterium* (B119) and *Bacillus subtilis* (B2084) for maize culture, associated with phosphate fertilization. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. 1-28, 2021.



LIMA, Francisco F.; NUNES, Luis A. P. L.; FIGUEIREDO, Marcia do V. B.; de ARAÚJO, Fábio F.; LIMA, Luciano M.; de ARAÚJO, Ademir S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 657-661, 2011.

MALAVOLTA, Euripedes; VITTI, Godofredo C.; de OLIVEIRA, Alberto S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações**. 201 p. Piracicaba: POTAFOS, 1989.

MORENO, Andréia L. **Crescimento do milho sob efeito da aplicação de rizobactérias e fertilizantes químicos**. 64 f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019.

OLIVEIRA, Christiane A.; COTA, Luciano V.; MARRIEL, Ivanildo E.; GOMES, Eliane A.; SOUSA, Sylvia M.; LANA, Ubiraci G. P.; SANTOS, Flávia C.; PINTO JUNIOR, Artur S.; ALVES, Vera M. C. Viabilidade Técnica e Econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas Culturas de Milho e Soja. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

PINHEIRO, Luana S.; GATTI, Victória C. M.; OLIVEIRA, Job T.; SILVA, José N.; SILVA, Vicente F. A.; SILVA, Priscilla A. Agricultural characteristics of corn: a review. **Natural Resources**, v. 11, n. 2, p. 13-21, 2021.

PRESTES, Isabele D.; ROCHA, Liliana O.; NUNEZ, Karen V. M.; SILVA, Nathália C. C. Fungi and mycotoxins in corn grains and their consequences. **Scientia Agropecuaria**, v. 10, n. 4, p. 559-570, 2019.

SILVA, Andre S. L. **Promoção de crescimento em milho pela inoculação e coinoculação de *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas***. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2022.

SILVA, Fábio C.; ABREU, Mônica F.; PÉREZ, Daniel V.; EIRA, Paulo A.; ABREU, Cleíde A.; RAIJ, Bernardo V.; GIANELLO, Clésio; COELHO, Antonio M.; QUAGGIO, José A.; TEDESCO, Marino J.; SILVA, Carlos A.; BARRETO, Washington O. **Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. In: SILVA, Fábio C. (org.) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ªed, Brasília: EMBRAPA, 2009.

SILVA, Luiz E. B.; SILVA, José C. S.; SOUZA, Willian C. L.; LIMA, Luan L. C.; SANTOS, Rafael L. V. Corn crop development (*Zea mays* L.): literature review. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 2020.