Efeito de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* na eficiência do fósforo em milho sob diferentes disponibilidades de P no solo

Marcela Vágula Gomes Baffa Clavero (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Fernando Marcos Brignoli, João Henrique Vieira de Almeida Junior, Samira Souza Pasqualeto, Tadeu Takeyoshi Inoue (Co-orientador), Marcelo Augusto Batista (Orientador). E-mail: mabatista@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Maringá, PR.

Ciências Agrárias/ Agronomia

Palavras-chave: Inoculação; solubilizador de fósforo; *Zea Mays*.

RESUMO

A baixa disponibilidade de fósforo nos solos tropicais pode limitar o desenvolvimento das culturas. O uso de microrganismos solubilizadores de fósforo (P), pode ser uma ferramenta para solubilizar esse nutriente, tornando-o mais disponível. O presente estudo tem por objetivo avaliar os efeitos da inoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* sobre o desenvolvimento e absorção de fósforo por plantas de milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando delineamento inteiramente casualizado, em fatorial triplo, no esquema 2x2x2, com 5 repetições, assim totalizando 40 unidades experimentais. O primeiro fator corresponde ao teor de P no solo (alto ou baixo); o segundo à adubação fosfatada (com ou sem adubação); e o terceiro fator à inoculação (com ou sem inoculação). A massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e teor de P na folha foram maiores no solo com alto teor de P. Sob baixo teor de P, a adubação fosfatada melhorou essas variáveis. O diâmetro do colmo apresentou interação tripla significativa, onde solos com alto teor de P juntamente com inoculação, apresentaram valores maiores quando comparados a solos de baixo teor de P e sem inoculação. A inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* não promoveram melhorias e a adubação fosfatada favoreceu o desenvolvimento do milho em solo com baixo teor inicial de P.

INTRODUÇÃO

O alto grau de intemperização nos solos brasileiros, resulta em predomínio de minerais de argila do tipo 1:1, óxidos de ferro e alumínio em sua composição (Oliveira et al., 2017). Essas características influenciam diretamente no aumento da adsorção de P no solo (Ribeiro et al., 2018), ocasionando menor absorção do nutriente pela planta e consequentemente menor produtividade. A fim de minimizar tais problemas, o mercado vem buscando estratégias que possam contornar os fatos citados. Uma tecnologia que alcançou grande destaque é o uso de inoculantes que promovem a transição do P adsorvido para o P disponível na solução do solo

(Oliveira et al., 2013). Inoculantes que apresentam *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* em sua composição, são exemplos de produtos a base de bactérias que secretam enzimas extracelulares, como as catalases, capazes de promover quebras de ligações e consequentemente a solubilização do P. Este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da inoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* sobre o desenvolvimento e absorção de fósforo por plantas de milho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual de Maringá (UEM), utilizando delineamento inteiramente casualizado, em fatorial triplo, no esquema 2x2x2, com 5 repetições, assim totalizando 40 unidades experimentais. O primeiro fator corresponde ao teor de P no solo (alto ou baixo); o segundo à adubação fosfatada (com ou sem adubação); e o terceiro fator à inoculação (com ou sem inoculação).
O solo utilizado foi coletado no município de Quinta do Sol (PR) e classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférrico. Após a coleta foi disposto em lona, seco ao ar, peneirado em malha de 2 mm e acondicionado em vasos plásticos com volume de 2 L. Para o tratamento com alto teor de P, foi incorporado ao solo $(CaH_2PO_4)_2H_2O$. Para tratamento com inoculação, utilizamos a relação de 100 sementes para 1 ml do inoculante SOLUBPHOS. Foi aplicado nitrogênio (N) e potássio (K) por meio de solução nutritiva, dividida em 4 doses, onde cada aplicação foi feita com um intervalo de 7 dias. O experimento foi conduzido até 40 DAE. Foi conduzido 2 plantas/vaso.
Foi avaliado comprimento de raiz, comprimento de parte aérea, diâmetro do colmo, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e teor de P na folha.
Para a determinação do comprimento de raiz, as mesmas foram mensuradas com régua de 200 cm, medindo a distância em cm da base do caule até a extremidade da raiz principal. Para o comprimento de PA, foi mensurado da base do caule até a ponta da última folha expandida. O diâmetro do colmo foi obtido através da média de duas medições realizadas com paquímetro digital. Após a determinação da MSPA, os materiais foram moídos e submetidos à digestão em ácido nitroperclórico. O teor de P na folha foi determinado pelo método colorimétrico do amarelo de metavanadato por espectrofotometria.
Para a análise estatística, foi realizado os testes de normalidade e homocedasticidade dos erros de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Foi obtido ANOVA por meio do modelo DIC. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 10 % ($p < 0,10$). Para os procedimentos estatísticos foi utilizado o software Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Solos com alto teor de P resultaram em maiores valores no comprimento da PA em comparação a solos com baixo teor de P. Porém, solos com baixo teor de P a adubação fosfatada promoveu um incremento no comprimento da PA e das raízes (Figura 1 e 2).

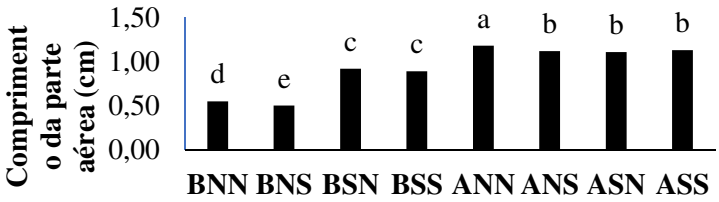


Figura 1. Comprimento de parte aérea do milho (cm) em função da adubação fosfatada e da inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, em solos com diferentes teores de fósforo.

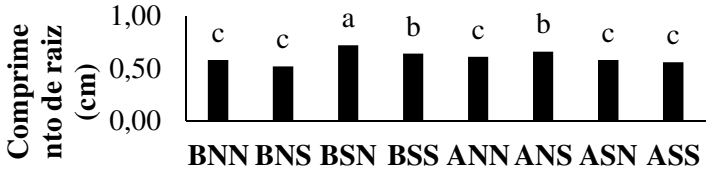


Figura 2. Comprimento de raiz do milho (cm) em função da adubação fosfatada e da inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, em solos com diferentes teores de fósforo.

Para diâmetro do colmo houve interação tripla significativa. Solos com alto teor de P e inoculação, apresentaram valores de diâmetro de colmo maior quando comparados a solos de baixo teor de P e sem inoculação (Tabela 01).

Tabela 13. Diâmetro médio do colmo (*Zea mays* L.) em função da adubação fosfatada e da inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, em solos com diferentes teores de fósforo. Maringá – PR, 2025.

Teor de P	Adubação/Inoculação			
	NN	NS	SN	SS
Baixo	4,64 b	3,79 b	9,23 b	9,54 b
Alto	12,48 a	13,95 a	13,09 a	13,62 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de significância de 10%, pelo teste de Scott-Knott.

Os melhores resultados de MSPA e MSR, foram encontrados nos solos com alto teor de P. Entretanto, em solos com baixo teor de P a adubação fosfatada promoveu um aumento significativo na MSPA e MSR (Figura 3 e 4).

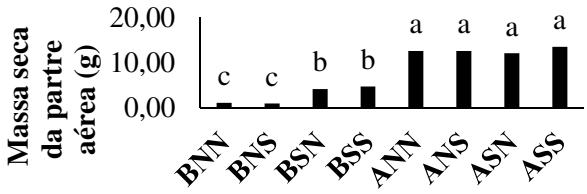


Figura 3. Massa seca da parte aérea de milho (g) em função da adubação fosfatada e da inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, em solos com diferentes teores de fósforo.

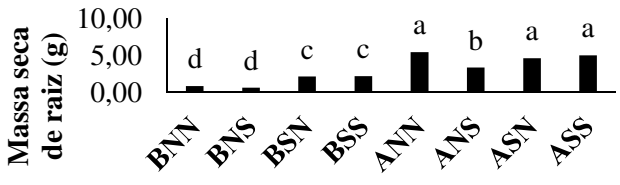


Figura 4. Massa seca da raiz de milho (g) em função da adubação fosfatada e da inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, em solos com diferentes teores de fósforo.

Não houve diferença significativa no teor de P na folha em relação à inoculação. A adubação fosfatada promoveu um maior teor de P na folha em detrimento de solos não adubados. Plantas cultivadas em solos com alto teor de P inicial, apresentaram maior teor do nutriente na folha em detrimento de plantas cultivadas em solos com baixo teor de P inicial (Figura 5).

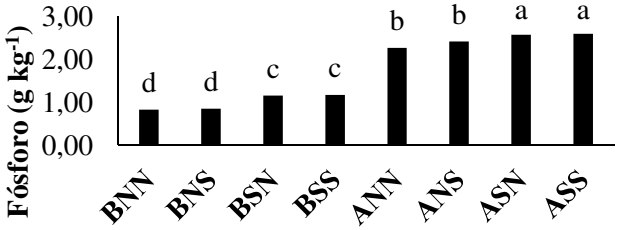


Figura 5. Teor foliar de fósforo no milho (g kg^{-1}) em função da adubação fosfatada e da inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, em solos com diferentes teores de fósforo.

CONCLUSÕES

A inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, nas condições específicas deste estudo, não melhoraram as características biométricas do milho.
A adubação fosfatada em solos com baixo teor inicial de P, promoveu aumento no comprimento da parte aérea e de raiz, massa seca e diâmetro de colmo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, à UEM e ao Grupo de Estudos em Solos da Universidade Estadual de Maringá (GESSO/UEM), pelo apoio ao desenvolvimento experimental e a bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA-PAIVA, C. A. et al. **Adubação fosfatada organomineral com pulverização de inoculante contendo microrganismos solubilizadores.** Embrapa, 2017. (Circular Técnica, 236).

OLIVEIRA-PAIVA, C. A. et al. **Metodologia de aplicação de microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes visando melhor aproveitamento deste nutriente pelas plantas.** Embrapa Milho e Sorgo, 2013. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 88).

RIBEIRO, Vitória Palhares et al. Cepas endofíticas de Bacillus melhoram o crescimento e a absorção de nutrientes do milheto em condições de baixo teor de fósforo. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, n. supl. 1, p. 40-46, 2018.