

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM RESPOSTA A ASSOCIAÇÃO COM RIZOBACTÉRIAS

João Guilherme Dellapiazza Afonso Guimarães¹, Ana Gabriela Viti Marsimino¹,
Marcelo Raphael Volf², Carlos Sérgio Tiritan², Lucas Kleinpaul Caetano Regner³

¹Discente do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade do Oeste Paulista, ²Pesquisador da Universidade do Oeste Paulista, ³Discente de Graduação em Agronomia da Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Campus Presidente Prudente - SP. jg@guimaro.com.br

PROBLEMATICA

Até 2050, a população mundial deverá atingir 9,7 ONU (2022) bilhões de pessoas, exigindo maior produção de alimentos sem ampliar significativamente as áreas cultivadas, tornando essencial o aumento da produtividade agrícola. Os solos tropicais apresentam, em geral, baixa fertilidade natural, resultado do intenso processo de intemperismo ao longo de sua formação. Além disso, parte dos nutrientes aplicados pode ser perdida por lixiviação, fixação ou volatilização, reduzindo a eficiência da adubação. Nesse contexto, a eficiência do uso de fertilizantes em sistemas de produção tropicais é um grande desafio. Encontrar alternativas que consigam liberar os nutrientes que muitas vezes ficam adsorvidos, ou seja, “presos” na fração sólida do solo, tornando-os de fácil acesso para as plantas, é o pilar fundamental para tornar a agricultura mais rentável e sustentável.

CONHECIMENTO PRÉVIO

O melaço de soja é um subproduto oriundo da produção de proteína em decorrência da produção de farelo e óleo, caracterizado por ser rico em compostos orgânicos, ácidos e alcalinos. Tais compostos podem atuar como substrato, rico em carbono, para a microbiota do solo e auxiliar diretamente na disponibilização de nutrientes, como o fósforo e o potássio, reduzindo a dependência de fertilizantes a base mineral e auxiliando na ciclagem no sistema. Por outro lado, a utilização da bactéria *Azospirillum brasilense* na cultura do milho, tem sido bastante difundido ao longo das áreas de produção dessa cultura. O uso de *A. brasiliense* tem alguns benefícios que podem incluir o estímulo ao desenvolvimento radicular vegetativo, o auxílio na fixação biológica de nitrogênio e a indução de maior resistência a estresses na planta. A associação de ambos embasa a hipótese de que o melaço poderia melhorar o ambiente para potencializar a ação dos microrganismos do solo na disponibilização de nutrientes.

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

O experimento foi conduzido em condições de campo na fazenda experimental da UNOESTE, em Presidente Bernardes - SP (22°17'33.43" S 51°40'45.54" O, 374 m), em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico de textura arenosa. A cultura do milho (híbrido LG 36799) foi estabelecida em sistema de segunda safra, sob irrigação por pivô central. O delineamento adotado foi de blocos casualizados com quatro repetições e seis tratamentos: T1. Controle (0); T2. Melaço (10 L ha⁻¹); T3. *Azospirillum brasilense* (100 mL ha⁻¹); T4. Bioma Phos (100 mL ha⁻¹); T5. Melaço (10 L ha⁻¹) + Bioma Phos (150 mL ha⁻¹); e T6. Melaço (10 L ha⁻¹) + *Azospirillum brasilense* (100 mL ha⁻¹).

Quando as plantas atingiram o estágio V4, realizou-se a amostragem de raízes na profundidade de 0-10 cm, realizada ao lado da planta do milho, o mais próximo possível do colmo, para que fosse possível coletar o sistema radicular daquela planta, sendo então aquele ponto ou planta considerado unidade amostral. As raízes coletadas foram lavadas em água

corrente utilizando uma peneira de malha fina (0,5 mm) e depois levadas ao laboratório para realizar uma limpeza das impurezas. Posteriormente, as raízes foram analisadas no software WinRHIZO para medir a área e o volume radicular. Ao fim do ciclo, determinou-se a produtividade de grãos e o peso de mil grãos (PMG). Avaliou-se, também, a atividade biológica através da determinação do nitrogênio da biomassa microbiana na camada de 0-10 cm de profundidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F, e as médias comparadas pelo teste de LSD a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando o Programa SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de melaço de soja e dos inoculantes promoveu respostas contrastantes sobre o desenvolvimento da planta e a microbiologia do solo. Em relação a produção de raízes das plantas de milho, o tratamento com *Azospirillum brasilense* isolado apresentou o maior incremento na área superficial e no volume radicular (Figuras 1 e 2). Isso evidencia o potencial deste inoculante em estimular de forma vigorosa o sistema radicular do milho, o que está diretamente associado à síntese de fitormônios (especialmente auxinas) que favorecem o alongamento e a ramificação das raízes (Kennedy; Choudhury; Kecskés, 2004; Dias et al., 2023). O melaço apresentou efeito antagônico ao *Azospirillum brasiliense*, reduzindo o volume e a área superficial das raízes. Em contraste, melhorou a performance do Bioma pois sua associação aumentou o volume radicular em relação ao uso isolado deste *bacillus*. O melaço isolado também apresentou desempenho superior ao controle e à associação com ambas as bactérias, sugerindo que a elevada atividade microbiológica modificou o balanço hormonal e o comportamento da comunidade microbiana podendo ter causado elevada competição e o *A. brasiliense* diminuiu sua eficiência.

Apesar da menor expansão das raízes, a atividade biológica do solo - expressa pelo nitrogênio microbiano - foi significativamente mais elevada nos tratamentos que combinaram o melaço com o Bioma Phos (Figura 3). Este resultado comprova que o melaço funciona como uma fonte imediata de carbono (substrato energético rico em açúcares simples), o que estimulou a rápida multiplicação dos microrganismos do solo e gerou um sequestro temporário de nitrogênio na biomassa microbiana. Assim é possível levantar a hipótese que a bactéria composta no Bioma tem maior capacidade de manter a viabilidade e melhorar a performance diferente do *A. brasiliense*.

O peso de mil grãos (PMG) e a produtividade final (Figuras 4 e 5) seguiram o padrão do crescimento radicular, os maiores valores foram obtidos com o uso isolado de *A. brasiliense*. A superioridade do inoculante isolado ocorreu pela maior eficiência fisiológica da planta e capacidade de absorção radicular promovida pela bactéria. Já os menores rendimentos nas combinações com o melaço sugerem que a alta disponibilidade imediata de carbono gerou uma competição microbiana por nutrientes, reduzindo o sincronismo entre a atividade biológica e a demanda da planta no seu desenvolvimento inicial.

APLICAÇÃO PRÁTICA

Os resultados atestam ao produtor rural que a inoculação isolada com *Azospirillum brasilense* é a estratégia mais recomendada e eficiente para estimular o aprofundamento de raízes e garantir altas produtividades no cultivo de milho segunda safra em regiões de clima tropical. O melaço de soja, por sua vez, tem uma excelente aplicabilidade prática voltada à recuperação e intensificação biológica de solos arenosos, desempenhando a função de substrato rico em carbono. Para o sucesso prático em campo, sugere-se que o uso do melaço seja adotado em programas de manejo complementar a médio prazo, evitando sua mistura imediata com

inoculantes nos sulcos de plantio, a fim de não estimular competição biológica contra as plantas na fase inicial de estabelecimento.

LITERATURA CITADA

COSTA, C. A. da et al. Agricultura familiar e proteção das culturas: abordagens tradicionais e proximidade com práticas de agricultura biológica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. especial, p. 164–173, 2018. DOI: 10.19084/RCA.17086.

DIAS, A. C. et al. Inoculation effects of growth-promoting bacteria on corn root architecture: influence of nitrogen levels, bacterial populations, and plant genotypes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 47, e0230059, 2023. DOI: 10.36783/18069657rbcs20230059.

ECHER, F. R. et al. Root growth and carbohydrate partitioning in cotton subjected to shading in the initial phase. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 49, n. 1, e20180749, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180749>.

KENNEDY, I.R.; CHOUDHURY, A.T.M.A; KECSKÉS, M.L. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potencial for plant growth promotion be better explored? **Soil Biology and biochemistry**, Elmsford, v.36, p.1229-1244, 2004.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. População mundial deve ultrapassar marca de 8 bilhões ainda este ano. 2022. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/07/1794942#:~:text=a%2019%20anos.,Dados,de%20mortalidade%20específicas%20por%20idade..> Acesso em: 7 nov. 2025.

POSSAMAI, J. M.; DE SOUZA, C. M.; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 199-207, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052001000200003>.

QUADROS, P. D. et al. Produtividade de grãos de milho em função dos tipos de solos, dos sistemas de cultivo e da inoculação de *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 2, p. 89-98, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200008>.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Revista estudos avançados**, v. 31, n. 89, p. 185-198, 2017.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.703-707, 1987.

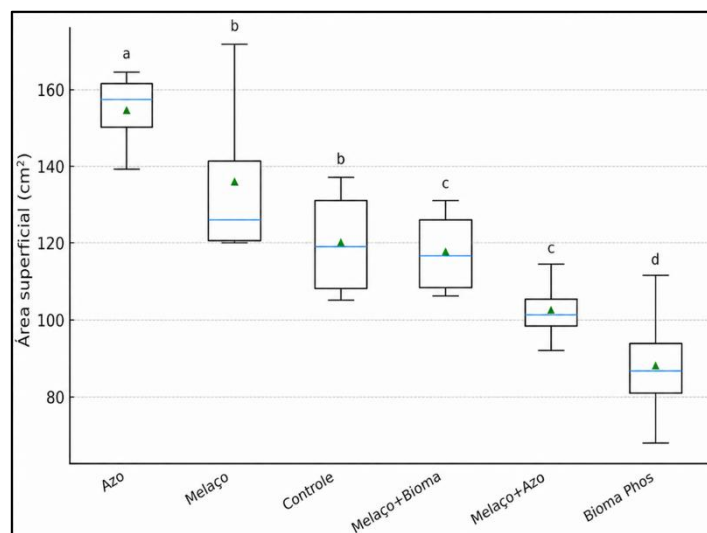


Figura 1. Área superficial radicular em resposta a diferentes tratamentos biológicos e combinações de melaço. As letras sobre as caixas indicam agrupamentos estatísticos distintos conforme o teste de comparação de médias ($p < 0,05$).

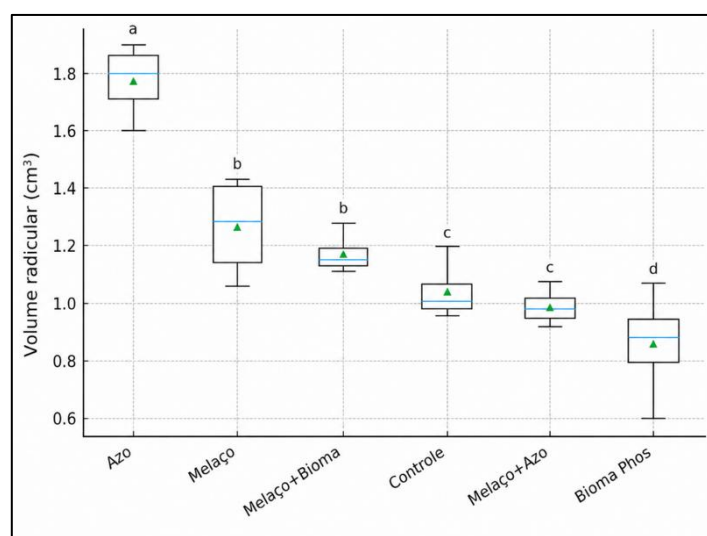


Figura 2. Volume radicular em resposta a diferentes tratamentos biológicos e combinações de melaço. As letras sobre as caixas indicam agrupamentos estatísticos distintos conforme o teste de comparação de médias ($p < 0,05$).

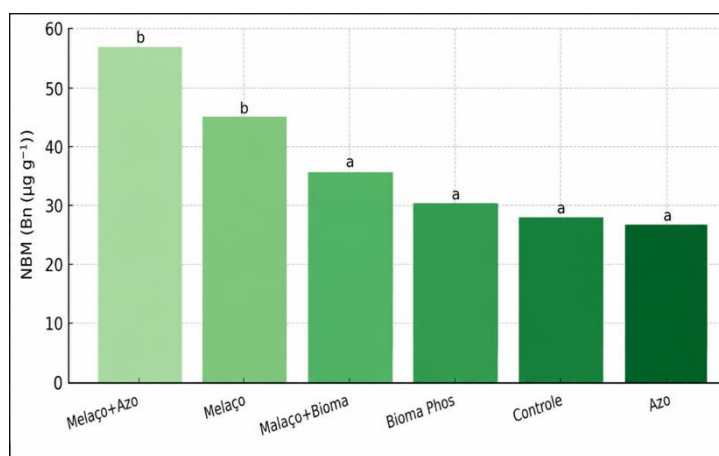


Figura 3. Nitrogênio microbiano do solo em resposta a diferentes tratamentos biológicos e combinações de melaço. Letras sobre as caixas indicam agrupamentos estatísticos distintos conforme o teste de comparação de médias ($p < 0,05$).

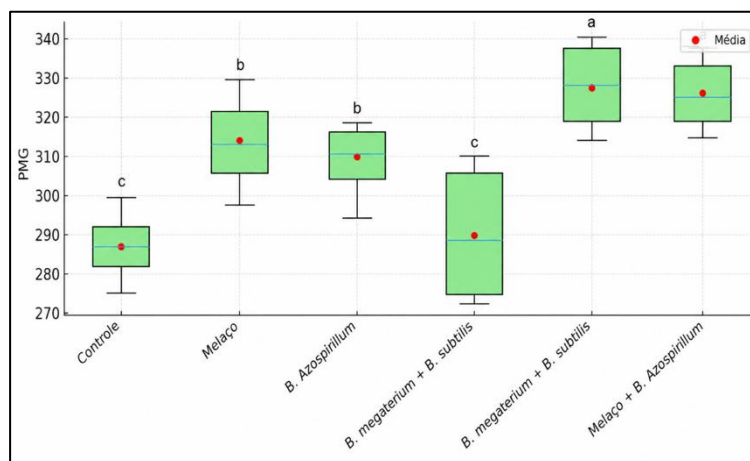


Figura 4. Peso de mil grãos (PMG) em resposta a diferentes tratamentos biológicos e combinações de melaço. As letras sobre as caixas indicam agrupamentos estatísticos distintos conforme o teste de comparação de médias ($p < 0,05$).

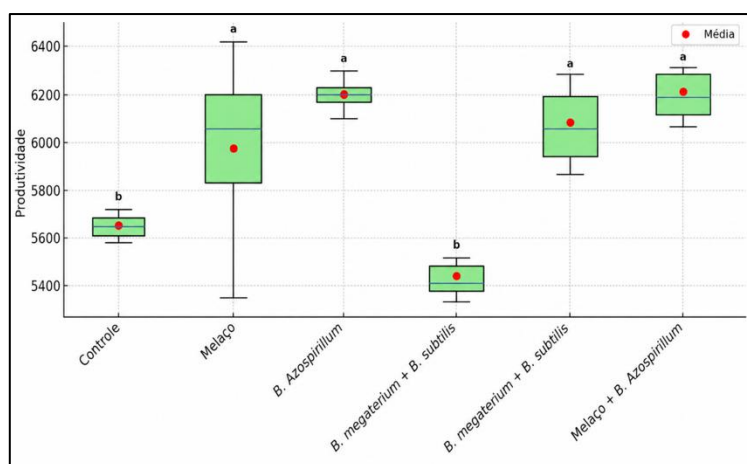


Figura 5. Produtividade dos grãos de milho em resposta a diferentes tratamentos biológicos e combinações de melaço. Letras sobre as caixas indicam agrupamentos estatísticos distintos conforme o teste de comparação de médias ($p < 0,05$).