

Avaliação de trocas gasosas em milho crioulo cultivado sob efeito de bioinsumos e diferentes sistemas de manejo

T. P. Bourguignon^{1*}, R. B. Guidinelle¹, D. L. Burak¹

**taynapoppe@gmail.com*

Resumo

Neste estudo de campo conduzido no IFES - Campus de Alegre, ES, buscou-se avaliar as trocas gasosas em milho crioulo para a produção de silagem sob a influência da co-inoculação de *Herbaspirillum seropedicae* e *Azospirillum brasilense*, em conjunto com diferentes sistemas de manejo do solo e de irrigação utilizando água residuária de suinocultura. Os experimentos seguiram um desenho fatorial 2x2x5, com três repetições, abrangendo dois sistemas de manejo do solo, duas condições de aplicação de bioinsumos (com 70% da adubação NPK e 100% da adubação sem bioinsumos) e cinco lâminas de irrigação com ARS. Os resultados revelaram que a aplicação dos bioinsumos com 70% da adubação NPK teve um impacto significativo nos atributos fisiológicos do milho em comparação com o tratamento que recebeu 100% da adubação NPK, sem os bioinsumos, juntamente com o sistema de plantio direto.

Palavras-chave: bactérias promotoras de crescimento vegetal; água residuária de suinocultura; plantio direto

1. Introdução

A Agricultura, representando 24,8% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, é vital, com o cultivo de milho sendo fundamental para a segurança alimentar (CEPEA, 2022). O país, como terceiro maior produtor global de milho, depende de fertilizantes, requerendo uma gestão sustentável (Nascimento, 2022).

Na agricultura convencional, até 70% dos nutrientes dos fertilizantes solúveis são perdidos, causando poluição e prejuízos (Valderrama et al, 2017). Tecnologias como o uso de resíduos na agricultura (ARS), o sistema plantio direto (SPD), e bioinsumos têm potencial para melhorar a produção e diminuir perdas (Guidinelle, 2019).

Bioinsumos, como bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), oferecem possibilidades significativas, como *Azospirillum* e *Herbaspirillum* se destacando para o milho (Dartora et al., 2013). A ARS, apesar de questões ambientais, promove práticas sustentáveis, por ser uma solução promissora para a fertirrigação, enriquecendo o solo com macro e micronutrientes (Guidinelle, 2019).

O SPD é uma prática conservacionista que melhora o solo, e sua combinação com bioinsumos pode reduzir a dependência de insumos externos (Scherer et al., 2007).

Nesse contexto, este estudo investigou os benefícios potenciais da co-inoculação de *Herbaspirillum seropedicae* e *Azospirillum brasilense*, juntamente com práticas de manejo do solo e níveis de irrigação utilizando água residuária de suinocultura.

2. Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na área do IFES - Campus de Alegre, no município de Alegre, ES. Constituído de um fatorial 2x2x5, com três repetições (60 parcelas). Foram avaliados dois sistemas de manejo do solo Sistema de plantio convencional (SPC) e sistema plantio direto (SPD), duas condições com bioinsumo, uma será sem à utilização de bioinsumos com 100% da adubação recomendada (100%S) e a outra com à co-inoculação de *H. seropedicae* com *A. brasilense* com 70% da adubação recomendada (70%+B) e cinco lâminas de irrigação com água residuária de suinocultura (ARS) (L1=50%, L2=75%, L3=100%, L4=125% e L5=150% da evapotranspiração).

No manejo do solo para o SPD, foi realizado o plantio da mucuna-preta e quando atingiu o estágio de florescimento, realizou-se o corte, com deposição dos resíduos sobre o solo. Após o resíduo secar, foi realizado o plantio do milho. Nas parcelas sob o SPC, foi realizado aração e gradagem. Foram utilizadas sementes de milho crioulo da variedade Fortaleza.

O *A. brasilense* foram aplicados com objetivo de uma concentração final de 6.6×10^8 UFCmL⁻¹ por semente (Biotrop®). O *H. seropedicae*, foi aplicado via foliar em duas etapas, uma com 4 e outra com 8 folhas totalmente expandidas. A aplicação foi realizada juntamente com substâncias húmicas, a fim de obter uma concentração de 40 mg L⁻¹ de C, juntamente com 108 células mL⁻¹ da estirpe (HRC54).

A ARS foi proveniente do setor de suinocultura do IFES. O sistema de irrigação foi por aspersão convencional semifixo. O manejo foi realizado com base no irrigâmetro.

Em diferentes estádios de desenvolvimento foram realizados as medições de trocas gasosas em folhas totalmente expandidas por meio do analisador a gás infravermelho portátil (IRGA), utilizando uma fonte luminosa fixa em 1000 mmol m⁻² s⁻¹ de intensidade de fluxo de fótons fotossintéticos. As medições foram realizadas em uma planta previamente marcada entre 7:30 e 11:30 horas obtendo-se as seguintes variáveis: A – taxa de assimilação líquida de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹); E – taxa de transpiração (mmolH₂O m⁻² s⁻¹); gs – condutância estomática (mol H₂O m⁻² s⁻¹); Ci – concentração interna de CO₂ (μmol CO₂mol⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o Teste F (p≤0,05) para verificar a significância do efeito dos fatores e das suas interações. No caso de efeito significativo para as interações, aplicou-se o Teste Tukey para comparação de médias a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Na tabela 1 é apresentado a interação entre sistemas de manejo de solo, bioinsumos e trocas gasosas, observa-se que houve diferenças significativas. No SPC, os valores de taxa de A, Gs, Ci e E foram menores quando comparados ao SPD.

Os resultados destacam que o manejo de solo via SPD e a aplicação de bioinsumos têm impactos positivos nas trocas gasosas das plantas de milho. Esses efeitos benéficos podem ser atribuídos à melhoria na estrutura do solo e à maior atividade biológica sob o SPD, criando condições mais propícias para a fotossíntese e o metabolismo das plantas.

Tabela 1 – Influência da interação entre sistemas de manejo de solo e bioinsumos nas variáveis de trocas gasosas.

Manejo do solo	Variáveis							
	A		Gs		Ci		E	
	100% S	70%+B	100% S	70%+B	100% S	70%+B	100% S	70%+B
SPC	28,4 Ab	30,4 Ba	0,163 Aa	0,139 Bb	68,2 Ba	50,2 Bb	3,63 Aa	3,96 Ba
SPD	29,6 Ab	33,1 Aa	0,171 Aa	0,180 Aa	96,2 Aa	107,0 Aa	4,04 Ab	4,52 Aa

A – taxa de assimilação líquida de CO₂, Gs – condutância estomática, Ci – concentração interna de CO₂, E – taxa de transpiração.

A eficácia dos inoculantes microbianos no cultivo de milho é influenciada por diversos fatores, como o manejo adequado, incluindo a rotação de culturas (Wang et al., 2020), a escolha e quantidade de adubação, o tipo de cultivar, variedades e híbridos, bem como o ambiente, incluindo tipo de solo, umidade, temperatura e presença de outros inoculantes (Whipps et al., 2008).

A co-inoculação de *A. brasilense* e *Herbaspirillum sp.* resulta na produção de Compostos Indólicos, incluindo auxinas como o ácido indol-3-acético, que promovem a fitoestimulação (Cortés-patiño et al., 2021). Essa interação induz alterações no sistema radicular, incluindo aumento no comprimento e volume das raízes e a formação de pelos radiculares, contribuindo para um maior acúmulo de biomassa na parte aérea e, conseqüentemente, uma maior produtividade (Rodrigues et al., 2014).

Além disso, a presença de bactérias diazotróficas, como *Azospirillum*, pode melhorar a absorção de nutrientes, especialmente nitrogênio, por meio da fixação de N₂ no sistema radicular do milho (Bashan et al., 2004). Além do mais, o SPD, é reconhecido por sua conservação do solo e melhorias na fertilidade natural, tem sinergias positivas com a inoculação de *H. seropedicae*, otimizando os efeitos da inoculação (Silva, 2022).

Portanto, a presença de *Azospirillum* aprimora os parâmetros fotossintéticos do milho, facilitando a fixação biológica do N₂, melhorando a absorção de nutrientes e a captação de água (Barassi et al., 2008). A adubação nitrogenada e a inoculação com *A. brasilense* podem aumentar a massa vegetativa, favorecendo a fixação de nitrogênio e o crescimento (Kordi et al., 2019). Por isso, a inoculação com *A. brasilense* melhora as trocas gasosas em plantas de milho, potencialmente devido ao aumento da concentração de CO₂ nos espaços intercelulares e taxas de transpiração, conforme Barassi et al. (2008). O incremento nas doses de nitrogênio aplicadas pode aumentar a condutância estomática, sugerido por Jadoski et al. (2016), impulsionando a translocação de fotossimilados e, conseqüentemente, a fotossíntese.

A adoção de práticas que incluem sistemas conservacionistas de cultivo e a incorporação de matéria orgânica, por meio de culturas antecedentes, contribui para a estruturação aprimorada do solo (Bertolino et al., 2021). Isso, em conjunto com a inoculação, pode intensificar os benefícios dos inoculantes e promover interações positivas entre plantas e micro-organismos promotores de crescimento vegetal.

4. Conclusões

Conclui-se que a co-inoculação das bactérias, em conjunto com o sistema de plantio direto e irrigação com água residuária de suinocultura, resulta em um aumento significativo nos valores das trocas gasosas, em comparação com o sistema de plantio convencional.

Referências

- [1] CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA) E CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (CNA). **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 20 mai. 2023.
- [2] NASCIMENTO, Clarissa Dias. **Os impactos da guerra entre a Rússia e a Ucrânia no mercado de fertilizantes brasileiro**. 2022.
- [3] GUIDINELLE, R. B. **Água residuária de suinocultura e sistema plantio direto no desenvolvimento do milho para produção de silagem**. 2019. Tese de Doutorado. Master Dissertation. Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre. 125p.
- [4] VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S. **Fertilizantes de eficiência aprimorada**. Jaboticabal: Funep, 2017
- [5] DARTORA, Janaína et al. **Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, Out. 2013.
- [6] SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T. & NUNES N.C. **Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007.
- [7] WANG, Z. et al. **Tillage practices with different soil disturbance shape the rhizosphere bacterial community throughout crop growth**. Soil Tillage Res 197: 104501, 2020.
- [8] WHIPPS, J. M. et al. **Phyllosphere microbiology with special reference to diversity and plant genotype**. Journal of applied microbiology, v. 105, n. 6, p. 1744-1755, 2008.
- [9] CORTÉS-PATÍÑO, S. et al. **Potencial do consórcio *Herbaspirillum* e *Azospirillum* para promover o crescimento de azevém perene sob déficit hídrico**. Microorganismos, v. 9, n. 1, p. 91, 2021.
- [10] RODRIGUES LFOS, F Guimarães, MB Da Silva, JAS Pinto, J Klein, ACPR Da Costa. **Agronomic characteristics of wheat as a function of *Azospirillum brasilense*, humic acids and nitrogen in a greenhouse**. Rev Bras Engenharia Agríc Ambiental 18:31–37, 2014.
- [11] BASHAN, Yoav; HOLGUIN, Gina; DE-BASHAN, Luz E. ***Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances**. Canadian Journal of Microbiology, v. 50, n. 8, p. 521- 577, Aug. 2004.
- [12] BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. **Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas**. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. P.49-59.
- [13] KORDI S, F Ghanbari. **Evaluation of yield, yield components and some physiological and qualitative traits of corn affected by chemical and biological nitrogen fertilizers**. Acta Sci Polonorum-hortorum Cultus 18:3–12, 2019.
- [14] JADOSKI, Cleber Junior et al. **Physiological Assessments of Sweet Sorghum Inoculated with *Azospirillum brasilense* according to Nitrogen Fertilization and Plant Growth Regulators**. International Journal of Environmental & Agriculture Research, Bikaner, v. 2, n. 6, p. 45-54, 2016.
- [15] BERTOLINO, K. M.; DUARTE, G. R. B.; VASCONCELOS, G. M. P. DE V. E; BOTREL, É. P. **Desempenho de crotalaria consorciada com milho na produção de biomassa**. ForScience, v. 9, n. 1, p. e00895, 2021.