

Coinoculação do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus spp.* como alternativa mais sustentável na agricultura

Co-inoculation of wheat with Azospirillum brasilense, Pseudomonas fluorescens, Bacillus spp. as a more sustainable alternative in agriculture

Mateus Solanha¹, Caio de Lima¹, Eduardo de Souza¹, Luiz Eugênio Concari¹, Vinicius José Farias¹, Sonia Purin da Cruz¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos-SC

*Autor para correspondência: solanha2000@gmail.com

RESUMO

O custo de produção do trigo tem aumentado significativamente, principalmente devido ao aumento dos custos com fertilizantes, que representam 25% a 30% do investimento. A inoculação do trigo com bactérias promotoras de crescimento de plantas, como do gênero *Azospirillum*, pode ajudar a reduzir a necessidade de insumos químicos e aumentar a produtividade da cultura. No entanto, a utilização de microrganismos específicos, como *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*, ainda é pouco explorada na cultura do trigo. A inoculação e coinoculação foram realizados em pós-emergência, quando as plantas se encontravam em V3, experimento foi implantado sob delineamento de blocos casualizados (DBC), com 5 tratamentos T1: 100% da dose recomendada de nitrogênio; T2: 50% da dose recomendada de nitrogênio; T3: 50% da dose recomendada de nitrogênio + 200 L ha⁻¹ de calda contendo *Azospirillum brasilense*; T4: 50% da dose recomendada de nitrogênio + 200 L ha⁻¹ de calda contendo *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% da dose recomendada de nitrogênio + 200 L ha⁻¹ de calda contendo *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. As variáveis altura de planta, número de perfilhos obtiveram diferenças estatística, nas demais variáveis não foram observadas diferenças estatísticas. A utilização desses microrganismos na agricultura apresenta um potencial promissor.

Palavras-chave: Bactérias promotoras de crescimento. Microrganismos. Fertilizantes.

ABSTRACT

The production cost of wheat has significantly increased, mainly due to the rise in

Realização:

Apoio:



fertilizer costs, which represent 25% to 30% of the investment. Inoculating wheat with plant growth-promoting bacteria, such as those from the genus *Azospirillum*, can help reduce the need for chemical inputs and increase crop productivity. However, the use of specific microorganisms, such as *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus circulans*, and *Bacillus haynesii*, is still poorly explored in wheat cultivation. Inoculation and co-inoculation were performed post-emergence, when the plants were in the V3 stage. The experiment was implemented under a randomized block design (RBD), with 5 treatments: T1: 100% of the recommended nitrogen dose; T2: 50% of the recommended nitrogen dose; T3: 50% of the recommended nitrogen dose + 200 L ha⁻¹ of *Azospirillum brasilense* solution; T4: 50% of the recommended nitrogen dose + 200 L ha⁻¹ of *Azospirillum brasilense* solution + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% of the recommended nitrogen dose + 200 L ha⁻¹ of *Azospirillum brasilense* solution + *Bacillus ssp.* The variables plant height and number of tillers showed statistical differences, while no statistical differences were observed in the other variables. The use of these microorganisms in agriculture presents promising potential.

no statistical differences were observed in the other variables. The use of these microorganisms in agriculture presents an extremely promising potential.

Keywords: Plant growth-promoting bacteria. Microorganisms. Fertilizers.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) é de grande importância no agronegócio do Brasil, sendo também de grande destaque na economia da região Oeste do Paraná. Esta cadeia produtiva abrange setores como a pesquisa, a produção, a industrialização e a comercialização, gerando milhares de empregos no país (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Com muitos insumos sendo reajustados pelo equivalente a variação da cotação do dólar, analisar custos é fundamental na hora de decidir o quanto, onde e quando plantar (ALVES, 2022). Sendo assim a utilização de bactérias associadas a plantas que promovem o seu crescimento tem um grande potencial, pois são capazes de suprir parcial ou totalmente as necessidades nutricionais das plantas, reduzindo assim o uso de fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, diminuindo os custos de produção. Como forma de fornecimento de N, é possível inocular bactérias fixadoras do gênero *Azospirillum*.

Realização:



Apoio:



A bactéria com maior potencial é *Azospirillum brasilense*, que pode gerar diversos e diferentes estímulos para o crescimento das plantas. Essa tecnologia já é disponível comercialmente no Brasil, recomendada pelo Ministério da Agricultura, como um padrão de cultivo que permite reduzir a adubação de cobertura em 25% (HUNGRIA, 2011).

Nesse sentido, é notória a importância de pesquisas para desenvolver mecanismos que maximizem a produtividade inoculando essas bactérias em espécies vegetais importantes para o consumo, como o trigo. Uma alternativa potencial é o método de coinoculação, que consiste em adicionar mais de um microrganismo reconhecidamente benéfico às plantas, visando maximizar a contribuição dos mesmos. Com isso, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da coinoculação da cultura do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii* associados a redução da adubação nitrogenada no crescimento inicial de plantas a campo.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na localidade do Taquaroçu no município de Monte Carlo –SC. O experimento foi implantado sob delineamento de blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 parcelas. Os tratamentos estudados foram: T1: 100% da dose recomendada de nitrogênio; T2: 50% da dose recomendada de nitrogênio; T3: 50% da dose recomendada de nitrogênio + 200 L ha⁻¹ de calda contendo *Azospirillum brasilense*; T4: 50% da dose recomendada de nitrogênio + 200 L ha⁻¹ de calda contendo *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% da dose recomendada de nitrogênio + 200 L ha⁻¹ de calda contendo *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*.

Os procedimentos de inoculação e coinoculação foram realizados em pós-emergência, quando as plantas se encontravam em V3. No decorrer do experimento, as avaliações e coletas de dados foram feitas em duas ocasiões, a primeira quando as plantas estavam no começo da fase reprodutiva, e a segunda quando as plantas estavam em maturação plena. Mensurou-se a altura de 5 plantas por parcela através de uma trena. As plantas foram escolhidas aleatoriamente dentro de cada parcela. Foi realizada também a contagem dos perfilhos das mesmas plantas de forma manual nas duas épocas avaliadas. Coletas referentes a componentes de produção e produtividade foram realizadas em plena

Realização:



Apoio:



maturação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância simples (ANOVA). Havendo diferença significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas através do teste de Scott-Knott ao nível de significância de 10%. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR.

3 RESULTADOS

Em relação a altura plena florada, foram observadas diferenças estatísticas com base no resultado da ANOVA, ($Pr > F_c = 0,0881$). T1, T2 e T3 apresentaram as maiores médias (71,66; 75,42 e 74,85 cm respectivamente), enquanto os tratamentos T4 e T5 não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 1). As médias de altura em maturação plena também sofreram diferenças estatísticas ($Pr > F_c = 0,0108$). T1, T2 e T3 apresentaram as maiores médias (82,63; 82,84 e 85,84 cm respectivamente), enquanto os tratamentos T4 e T5 não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 1).

Foram observadas diferenças estatísticas sobre o número de perfilhos por planta ($Pr > F_c = 0,0103$). T2 e T3 apresentaram as maiores médias (4,60 e 3,83 perfilhos por plantas respectivamente), enquanto os tratamentos T1, T4 e T5 não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios da variável altura da parte aérea de plantas de trigo, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022

Tratamento	Altura plena florada (cm)	Altura em maturação plena (cm)	Número de perfilhos
T1	71,66 a2*	82,63 a2*	3,00 a1*
T2	75,42 a2	82,84 a2	4,60 a2
T3	74,85 a2	85,84 a2	3,83 a2
T4	64,30 a1	78,50 a1	3,20 a1
T5	68,05 a1	79,06 a1	3,00 a1
Média	71,12	82,05	3,53
CV%	9,5	3,88	19,7

*Médias seguidas pela mesma letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50%N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte autor: 2023.

Em relação a variável de número de perfilhos por planta em maturação plena, com base no resultado da ANOVA, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos ($Pr > F_c = 0,1017$).

Realização:



Apoio:



A variável produtividade não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($Pr > F_c = 0,2487$). A média geral dos tratamentos foi $3.244,66 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de número de perfilhos por planta, em experimento conduzido em Monte Carlo - SC, na safra 2022.

Tratamento	Produtividade kg ha^{-1}
T1	2.698,56 a1*
T2	3.416,97 a1
T3	3.344,09 a1
T4	3.224,07 a1
T5	3.588,49 a1
Média	3.244,66
CV%	18,54

*Médias seguidas pela mesma letra e número não são diferentes segundo o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: 100% N; T2: 50% N; T3: 50% N + *Azospirillum brasilense*; T4: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; T5: 50% N + *Azospirillum brasilense* + *Bacillus aryabhattai* + *Bacillus circulans* + *Bacillus haynesii*. Fonte autor: 2023.

A variável de g de N/kg de grãos, com base no resultado da ANOVA, não apresentou diferenças estatísticas ($Pr > F_c = 0,7802$). A média geral dos tratamentos foi $22,90 \text{ g de N / kg de grãos}$. O mesmo ocorreu na variável de % de N nos grãos ($Pr > F_c = 0,7802$, m média geral = $2,29\%$ de N nos grãos).

Na variável de % de proteína nos grãos, não foram observadas diferenças estatísticas ($Pr > F_c = 0,7944$; média geral de $12,74\%$ de proteína nos grãos). Em relação a variável de g de N acumulado por ha^{-1} nos grãos, também não foram observadas diferenças estatísticas ($Pr > F_c = 0,3769$). A média geral dos tratamentos foi $74,65 \text{ g de N acumulado por ha}^{-1}$ nos grãos. O peso de 1000 grãos não diferiu entre tratamentos ($Pr > F_c = 0,1545$ e a média geral foi de $37,29 \text{ g}$).

4 DISCUSSÃO

Outros trabalhos mostram que a coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* na cultura do trigo revelam que a favoreceu o número de perfilhos (PEREIRA *et al.*, 2018). Os resultados analisados neste trabalho apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos durante a fase de desenvolvimento da cultura e na colheita. Porém, nenhum tratamento de inoculação foi capaz de refletir ganhos de

Realização:



Apoio:



estatura em comparação a testemunha.

A variável mais importante a produtividade obteve um média de 3244,66 kg ha⁻¹, foi abaixo da média nacional de 3600 kg ha⁻¹ pouco abaixo da média para o estado de Santa Catarina na safra 20/21 que foi de 3320 kg ha⁻¹ (EPAGRI, 2021). Desse modo, um dos fatores prejudiciais para a cultura durante o experimento ocorreu no mês de novembro, com algumas geadas fora de época, que prejudicou o desenvolvimento das espigas da cultura.

A respeito da variável proteína do grão, a média obtida no presente experimento apresentou variação entre 12,48 e 12,97%. De acordo com Mandarino (1994), o teor de proteína dos grãos de trigo pode variar em função da cultivar, sendo possível observar teores de proteína variando de 7% a 17%. Resultados semelhantes foram encontrados por D'Almeida *et al.* (2019) que estudaram oito genótipos e os teores proteicos dos grãos maduros variaram entre 10,2 e 15,1 %.

As amostras analisadas apresentaram diferença significativa entre as médias correspondentes ao teor de proteínas. Os valores obtidos apresentaram variação entre 9,9 e 16,6. De acordo com Depraetere *et al.* (2014), o teor de proteína no grão de trigo para o início do processo de malteação é 11% podendo chegar a 13% (FALTERMAIER *et al.*, 2014).

Em relação ao peso de mil grãos a média obtida no presente experimento (37,29 g) foi superior à de Carvalho *et al.* (2015) onde encontraram valores entre 16,27 e 32,77 g para treze amostras de trigos. Segundo Mandarino (1994), o peso de mil grãos é um parâmetro utilizado para avaliar a qualidade e produtividade do trigo, sendo um importante indicador na diferenciação de cultivares. Esse índice também pode identificar problemas durante a formação dos grãos.

Apesar da ausência de diferença estatisticamente significativa em relação às demais variáveis, a utilização desses microrganismos na agricultura apresenta um potencial extremamente promissor, o que justifica a necessidade de estudos futuros.

5 CONCLUSÃO

A inoculação e coinoculação em pós emergência na cultura do trigo com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e *Bacillus haynesii*, podem melhorar a altura e o número de perfilhos.

Realização:



Apoio:



REFERÊNCIAS

- ALVES, J. R. **Custo de Produção Safra 2021/22**. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Artigos/Custo_de_Producao_Safra_2021_22.pdf
- CARVALHO, P. T.; BELEIA, A. P. Alterações físico-químicas e atividade enzimática de trigo com germinação pré-colheita. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 524-531, 2015.
- D'ALMEIDA, C. T. S. *et al.* Monitoramento da oxidação dos tióis proteicos em grãos de trigo imaturos e de diferentes aptidões tecnológicas. **Semear**, v. 1, n. 1, p. 31-42, 2019.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Inoculação multifuncional para pastagens com braquiárias**. Embrapa Soja-Fôlder, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1133103/inoculacao-multifuncional-para-pastagens-com-braquiarias>
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: an environment friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 221, n.1, p.125-131, 2016.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 38 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/879471/inoculacao-com-azospirillum-brasilense-inovacao-em-rendimento-a-baixo-custo>
- MANDARINO, J. M. G. Lipídios do Trigo. In: MANDARINO, J. M. G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina EMBRAPA: CNPSO, 1994. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/445475>
- PEREIRA, L.C. *et al.* Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 105-113, 2019.
- RODRIGUES, L. F. *et al.* Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 31-37, 2014.

Realização:



Apoio:

