

Inoculação no desenvolvimento vegetativo do Trigo em solos ácidos

Eduardo Cíton Gorgen^{1*}; Ana Paula Morais Mourão Simonetti^{2*}

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}ecgorgen@minha.fag.edu.br

Resumo: Os microrganismos presentes no solo são de suma importância para o trigo e seu desenvolvimento, em específico, o *Azospirillum brasilense*, tende a ter uma ação simbiótica com a planta para ajudá-la na melhor absorção do Nitrogênio o qual é fundamental no desenvolvimento das gramíneas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo do trigo (*Triticum* spp.) em solos ácidos a partir da inoculação com *Azospirillum brasilense*, em cultivo protegido. O experimento foi realizado na casa de vegetação do Centro Universitário Assis Gurgacz, entre os meses de abril a junho de 2022. Foi utilizado Delineamento Inteiramente Casualizado, sendo cinco tratamentos com seis repetições cada, tendo os tratamentos: T0 – Testemunha, T1 – Inoculante *Azospirillum* dose 50mL, T2 – Inoculante *Azospirillum* dose 100mL, T3 – Inoculação *Azospirillum* 200mL, T4 – Inoculante *Azospirillum* dose 300mL. No total foram 30 unidades experimentais, em vasos, contendo 5 plantas por unidade. Os parâmetros avaliados foram comprimento de parte aérea e comprimento de raiz tendo o solo como referência para a medição, massa verde, massa verde da raiz e da parte aérea. Após as coletas dos dados, os mesmos foram submetidos a testes de normalidade e, em seguida, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e de regressão a 5% de significância, com auxílio do programa estatístico ASSISTAT 7.7. Ao final do estudo é possível concluir, que não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis estudadas (altura da parte aérea, massa verde da raiz e da parte aérea e comprimento de raiz), indicando que na condição de acidez de solo proposta neste experimento, o *Azospirillum* não proporcionou benefícios para a cultura.

Palavras-chave: *Azospirillum brasiliense*, *Triticum*, desenvolvimento vegetativo, acidez de solo.

Inoculation in the vegetative development of Wheat

Abstract: The microorganisms present in the soil are of paramount importance for wheat and its development, in particular, *Azospirillum brasilense*, tends to have a symbiotic action with the plant to help it better absorb nitrogen, which is fundamental in the development of grasses. The present work aims to evaluate the vegetative development of wheat (*Triticum* spp.) from inoculation with *Azospirillum brasilense*, in protected cultivation. The experiment was carried out in the greenhouse of the Centro Universitário Assis Gurgacz, between April and June 2022. A completely randomized design was used, with five treatments with six replications each, with the treatments: T0 – Control, T1 – *Azospirillum* Inoculum dose 50mL, T2 – *Azospirillum* inoculant dose 100mL, T3 – *Azospirillum* inoculation 200mL, T4 – *Azospirillum* inoculant dose 300mL. In total, there were 30 experimental units, in pots, containing 5 plants per unit. The parameters evaluated were shoot length and root length using the soil as a reference for measurement, green mass, root and shoot green mass. After collecting the data, they were submitted to normality tests and then analysis of variance (ANOVA) and regression at 5% significance were performed, with the aid of the statistical program ASSISTAT 7.7. At the end of the study, it is possible to conclude that there was no significant difference in any of the studied variables (shoot height, root and shoot green mass and root length), indicating that in the soil acidity condition proposed in this experiment, *Azospirillum* did not transmit benefits to the crop.

Keywords: *Azospirillum brasiliense*, *Triticum*, vegetative development, soil acidity.

Introdução

O Trigo (*Triticum spp.*) na atualidade é de grande importância para o produtor rural pois, quando manejado corretamente, traz ao homem do campo grandes benefícios econômicos. Outrossim, com o auxílio de inoculantes biológicos torna-se possível trazer um aumento na produtividade. Todavia, deve-se fazer os tratamentos culturais corretamente para os inoculantes trazerem maior rendimento pois sozinhos não substituem as adubações e tratamentos químicos da lavoura.

No mundo, o trigo é o segundo cereal mais produzido e, em múltiplos países, é praticamente metade da fonte de calorias e proteínas consumidos pelos habitantes (WANG *et al.*, 2012). No Brasil é a cultura de inverno mais cultivada, principalmente nas regiões do Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Porém, o país ainda depende de importação pois, por si só não consegue suprir a demanda (COSTA, ZUCARELLI e RIEDI, 2013). A produção brasileira em 2022 foi de 9.500,9 mil toneladas de trigo (CONAB, 2022).

As bactérias do gênero *Azospirillum* conseguem colonizar o interior das plantas e a rizosfera onde se encontram. Possuem grande capacidade de interação com diversas variedades de plantas, principalmente as que possuem folha estreita, no caso, gramíneas em geral. Na atualidade, o gênero *Azospirillum* possui cerca de 15 espécies identificadas (GALINDO *et al.*, 2015).

O *Azospirillum spp.*, quando associado às áreas de plantas não leguminosas, pode gerar inúmeros estímulos para o desenvolvimento vegetativo da planta, auxiliando na fixação biológica de nitrogênio (DÖBEREINER e DAY, 1976). Segundo Bashan *et al.*, 2014 e Calvo *et al.*, 2014, o inoculante pode proporcionar para a planta uma melhora no crescimento radicular, aumentando a superfície de contato no solo, explorando maior a rizosfera, e como consequência absorve uma maior quantidade de água e nutrientes. A prática da inoculação com o gênero *Azospirillum spp.* tende a suprir, em partes, a adubação nitrogenada das plantas (BINOTO, 2013; ALVES *et al.*, 2017; MUMBACH *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2017).

Dentre os solos ácidos encontrados no Brasil, os principais se enquadram em Latossolos e Argissolos, contudo, diversas classificações podem conter alta acidez também. Estes solos tendem a ser mais ácidos por conta da presença do alto teor de alumínio extraível presente (CUNHA *et al.*, 2014).

Porém, a introdução dessas práticas ainda necessitam de mais pesquisas científicas em diferentes tipos de solo. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo do trigo (*Triticum spp.*) a partir da inoculação com *Azospirillum brasilense*, em cultivo protegido.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias – CEDETEC em ambiente protegido (casa de vegetação), localizado no Centro Universitário Assis Gurgacz, em Cascavel, no Paraná. O solo usado foi retirado da lavoura da Fazenda Escola FAG onde de acordo com EMBRAPA (2013) é classificado como Latossolo Vermelho e que, segundo a classificação Köppen-Geiger, é temperado úmido (APARECIDO *et al.*, 2016).

O experimento foi conduzido de 25 de abril a 27 de junho de 2022, em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com cinco tratamentos e seis repetições, totalizando trinta unidades experimentais, sendo compostas por vasos com volume de 3,5 litros (GUERRA, SILVA e EVANGELISTA, 2020). Os tratamentos utilizados foram T0 – Testemunha, T1 – Inoculante *Azospirillum* dose 50mL, T2 – Inoculante *Azospirillum* dose 100mL, T3 – Inoculação *Azospirillum* 200mL, T4 – Inoculante *Azospirillum* dose 300mL.

A condução do trabalho foi toda em vasos com aproximadamente 3,5 kg de terra por vaso. O plantio foi feito totalmente manual, em covas de até 2 centímetros de profundidade com 1 semente por cova, totalizando 20 sementes por vasos e utilizando técnica de raleamento deixando 5 plantas por unidade experimental. A inoculação foi feita em sacos plásticos, despejando a semente e o produto e mexendo até ficar totalmente homogêneo. Após todos os parâmetros avaliados, foi tirado uma análise de solo a partir do conteúdo contido em cada um dos vasos do experimento.

Tabela 1 – Dados encontrados na análise de solo.

Parâmetros da análise	Resultados
CTC pH 7,0	7,82 (Cmol _c /dm ³)
H + Al	4,96 (Cmol _c /dm ³)
Saturação de bases	36,57 (Cmol _c /dm ³)
pH CaCl ₂	4,90 (Cmol _c /dm ³)

Os parâmetros avaliados aos 63 dias após a semeadura foram: comprimento de raiz (cm): a planta de trigo foi retirada do vaso removendo todo o excesso de terra, colocada em uma superfície plana e foi utilizada uma fita métrica de 1 metro para fazer as medidas. Massa verde (g): a separação da parte aérea da raiz foi feita com um corte rente ao solo e, com o excesso de terra já retirado, foi usada uma balança de precisão para aferimento da massa verde. Massa radicular (g): a massa radicular foi utilizada uma balança de precisão como a massa verde. Altura da parte aérea (cm): para medição da altura, a parte aérea da planta foi colocada em uma superfície plana e, na sequência, utilizou-se uma fita métrica de 1 metro para fazer as medidas.

Após as coletas dos dados, os mesmos foram submetidos a testes de normalidade e, após, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e de regressão a 5% de significância, com auxílio do programa estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016). Em posse dos dados da análise de variância e de regressão, gerou-se gráficos no Excel®.

Resultados e Discussão

Ao analisar a normalidade dos dados, o teste Shapiro-Wilk demonstrou que os resultados seguem a distribuição normal e, portanto, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e análise de regressão.

Os resultados da análise de regressão apresentados na Tabela 1 elucidam que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para os tratamentos que receberam inoculante *Azospirillum*. Destaca-se que como os F calculados em todos os graus da regressão foram não significativos, os resultados apresentados referem-se a análise de regressão linear.

Tabela 1 - Análise de regressão para os resultados obtidos na cultura de trigo, submetidos a diferentes doses de inoculante *Azospirillum*, em condições de casa de vegetação.

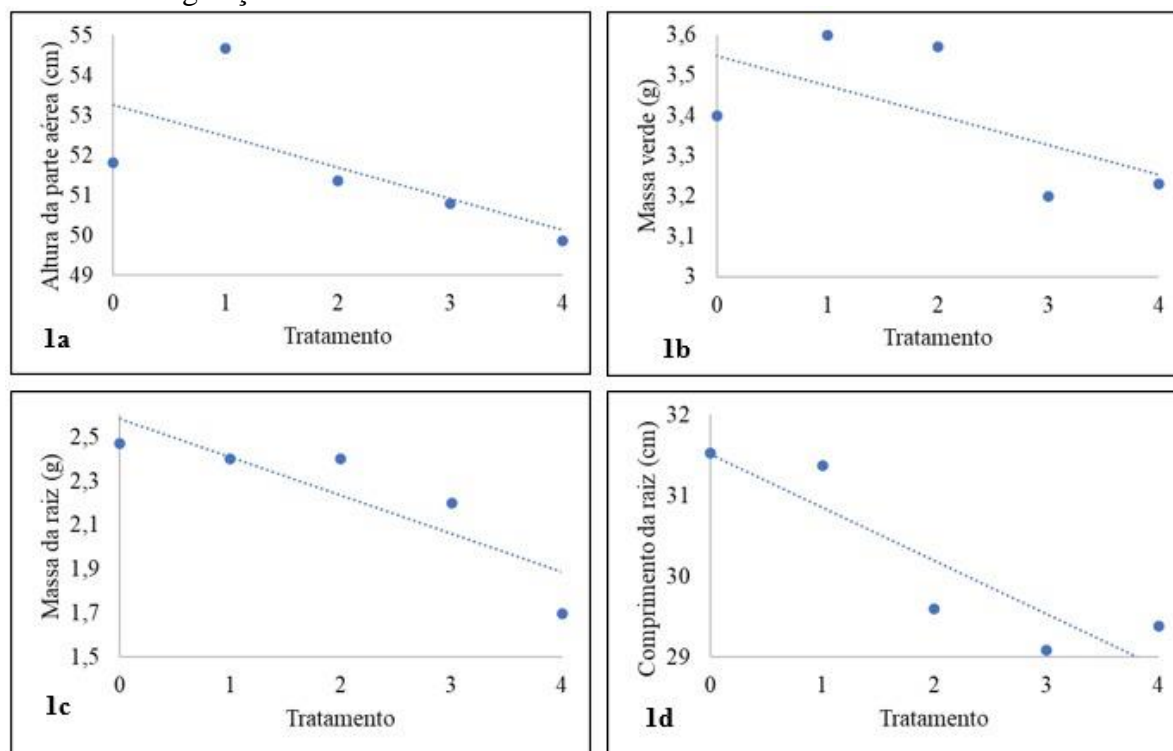
FV	F	CV (%)
APA (cm)	0.6428 ^{ns}	14,61
MV (g)	0.3397 ^{ns}	28,67
MR (g)	2.5910 ^{ns}	37,35
CR (cm)	1.9346 ^{ns}	12,14

Legenda: FV = Fontes de variação; F = teste F; CV (%) = Coeficiente de variação; APA = Altura da parte aérea; MV = Massa verde; MR = Massa de raiz; CR = Comprimento da raiz; ^{ns} = efeito não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

As variáveis analisadas de altura da parte aérea (APA), massa verde (MR), massa da raiz (MR) e comprimento de raiz (CR) não apresentaram diferenças entre os tratamentos que receberam inoculação, bem como em relação ao tratamento testemunha. Em relação a precisão dos experimentos, verifica-se por meio do coeficiente de variação que as variáveis APA e CR apresentaram uma boa precisão experimental e as variáveis MV e MR apresentaram precisão experimental alta e muito alta, respectivamente, conforme os critérios de Gomes (2009).

Na Figura 1 apresenta-se a resposta média para as variáveis de altura da parte aérea (APA), massa verde (MR), massa da raiz (MR) e comprimento de raiz (CR) em cada tratamento.

Figura 1 - Resposta média para as variáveis analisadas em cada tratamento na cultura de trigo, submetidos a diferentes doses de inoculante *Azospirillum*, em condições de casa de vegetação.



De modo geral, a partir da Figura 1, verifica-se que o tratamento que proporcionou melhor resposta foi o T2 (dose 50mL) apresentando a maior altura da parte aérea e maior massa verde.

Acredita-se que os resultados da análise não foram significativos estatisticamente devido as características do solo. Por meio de análises específicas verificou-se que a acidez potencial do solo utilizado nos experimentos foi de $4,96 \text{ Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, considerado um valor alto (LOPES; SILVA e GUILHERME, 1991), enquanto a saturação de alumínio foi de $0,06 \text{ Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e a de cálcio foi de $1,80 \text{ Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, ambos considerados baixos de acordo com Vazquez, Sanches e Santos (2022).

Ao encontro disso, Lopes e Guilherme (2000) ressaltam que o solo ácido dificulta o desenvolvimento das culturas e mesmo com o uso de fertilizantes o problema persiste, uma vez que o pH baixo do solo dificulta a assimilação dos nutrientes pelas plantas. Ademais, Escosteguy, Hänel e Roehrig (2012) a acidez do solo diminui a disponibilidade da maioria dos nutrientes, resultando em uma influência negativa no crescimento e alteração da morfologia da raiz das plantas.

Georgin *et al.* (2014) estudaram os efeitos do inoculante *Azospirillum* juntamente com outros hormônios vegetais no desenvolvimento inicial das plantas de trigo e concluíram que a inoculação não influenciou a germinação, o comprimento da raiz e o comprimento da parte aérea, entre outros aspectos, o que corrobora com o presente estudo. Em um estudo realizado

por Kerbauy (2008), com inoculação de *Azospirillum*, concluiu-se que a associação das bactérias com as plantas de trigo ocorre após o início do desenvolvimento radicular, mas destaca que as condições do solo são fundamentais para o desenvolvimento adequado da planta.

Conclusão

Ao final do estudo é possível concluir, que não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis estudadas (altura da parte aérea, massa verde da raiz e da parte aérea e comprimento de raiz), indicando que na condição de acidez de solo proposta neste experimento, o *Azospirillum* não proporcionou benefícios para a cultura.

Referências

ALVES, C. J., ARG, O., RAMOS, A. F., GALINDO, F. S., NOGUEIRA, L. M., & RODRIGUES, R. A. (2017). Irrigated wheat subjected to inoculation with *Azospirillum* brasilense and nitrogen doses as top-dressing. **Revista brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, 21, 537-542.

APARECIDO, L. E. D. O.; ROLIM, G. D. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S. D.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 405-417, 2016.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E.; PRABHU, S. R.; HERNANDEZ, J.- P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology formulations and practical perspectives (1998-2013). **Plant and Soil**, v. 378, n. 1/2, p. 1-33, 2014.

BINOTTO, I. **Eficiência de *Azospirillum* brasilense em plântulas de quatro cultivares de trigo e sua interação com o tratamento de sementes**. 2013. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, n. 1/2, p. 3-41, 2014.

CONAB | **acompanhamento da safra brasileira de grãos** | v.10 – safra 2022/23, nº2 – Segundo levantamento | novembro 2022.

COSTA, L.; ZUCARELI, C.; RIEDE, C. R. Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipos de trigo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 215-224, 2013.

CUNHA, Gabriel Octávio de Mello; ALMEIDA, Jaime Antonio de; BARBOZA, Bethina Bastos. Relação entre o alumínio extraível com KCl e oxalato de amônio e a mineralogia da fração argila, em solos ácidos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1387-1401, 2014.

DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. **Associative symbiosis in tropical grasses**: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: Newton W.E. & Nyman, C.T. (Eds.) –

Proceedings of the 1st International Symposium on Nitrogen Fixation. Washington, Washington State University Press, vol. 2, p. 518-538, 1976.

EMBRAPA. Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; HÄNEL, J.; ROEHRIG, R. Acidez e calagem em culturas de grãos em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, p. 41-51, 2012.

GALINDO, F. S., LUDKIEWICZ, M. G. Z., BELLOTE, J. L. M., SANTINI, J. M. K., TEIXEIRA FILHO, M. C. M., & BUZETTI, S. Épocas de inoculação com *Azospirillum* brasilense via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Tecnologia e ciência agropecuária**, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2015.

GEORGIN, J.; LAZZARI, L.; LAMEGO, F. P.; CAMPONOGARA, A. Desenvolvimento inicial de trigo (*Triticum aestivum*) com uso de fitohormônios, zinco e inoculante no tratamento de sementes. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria-RS, v. 18, n. 4, p. 1318-1325, 2014.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Piracicaba: Fealq, 2009.

GUERRA, A. M. N. M.; SILVA, M. G.; EVANGELISTA, R. S. Ambientes de cultivo e volume do vaso influenciam a produção de biomassa e óleo essencial de manjeriço. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 135-141, 2020.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara: Rio de Janeiro, 2008.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos**. 3. Ed., São Paulo: Anda, 2000.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3. ed. São Paulo: Anda, 1991.

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; ... & KAISER, D. R. Resposta da inoculação com *Azospirillum* brasilense nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

PEREIRA, L. C.; PIANA, S. C.; BRACCINI, A. L.; GARCIA, M. M.; FERRI, G. C.; FELBER, P. H.; ... DAMETTO, I. B. 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, 2017.

SILVA, F.A.S. e S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

VAZQUEZ, G. H.; SANCHES, A. C.; SANTOS, M. L. W. Utilização de areia reciclada como material corretivo de acidez do solo na cultura da soja. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 18, n. 2, 2022.

WANG, J.; MAO, H; ZHAO, H; HUANG, D; WANG, Z. Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in Loess Plateau, China. **Field crops research**, v. 135, p. 89-96, 2012.