

***Azospirillum brasilense* APLICADO VIA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO TRIGO**

ANDRÉA CRISTIANE SANCHES^{1*}; GISELE HERBST VAZQUEZ²; ALEF K. ARAÚJO DOS SANTOS³

^{1,2}Dra. em Agronomia, Profa. Titular Universidade Brasil, Fernandópolis-SP,
andrea.sanches@universidadebrasil.edu.br; gisele.vazquez@universidadebrasil.edu.br

³Eng. Agr., Fernandópolis, SP, alefaraujo001@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: O nitrogênio é um nutriente que limita a produção vegetal, sendo possível ser fixado do ar atmosférico por bactérias do gênero *Azospirillum*. A inoculação com *Azospirillum brasilense* pode ser realizada via tratamento de sementes ou via foliar, sendo possível utilizar a água de irrigação como veículo, reduzindo-se os gastos operacionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de *Azospirillum brasilense* via água de irrigação no desenvolvimento da planta e produtividade de grãos, além de sua capacidade de substituir parte do N aplicado em cobertura na cultura do trigo. O experimento foi conduzido em área irrigada da Universidade Brasil, Fernandópolis/SP, com trigo CD-116 em 2016, em delineamento experimental de blocos casualizados, esquema fatorial 4x2 doses de inoculante (0, 2, 4 e 8 L/ha) e épocas de aplicação (aos 10 e 30 dias após a emergência - DAE) com 3 repetições. Todas as parcelas receberam 20 kg/ha de N, P e K na semeadura. Os tratamentos sem inoculante foram adubados em cobertura com 60 kg/ha de N. Concluiu-se que a aplicação de *Azospirillum brasilense* via água de irrigação até 8 L/ha não foi capaz de substituir a adubação nitrogenada em cobertura (60 kg/ha) na cultura do trigo, não produzindo efeito no desenvolvimento da planta e na produtividade. A adubação nitrogenada em cobertura aos 10 ou aos 30 DAE não interfere no desenvolvimento da planta, na massa de 1000 grãos e na produtividade de grãos de trigo.

PALAVRAS-CHAVE: inoculação, inoculante, bactéria fixadora de nitrogênio, fixação biológica

***Azospirillum brasilense* APPLIED VIA IRRIGATION WATER IN WHEAT CULTURE**

ABSTRACT: The nitrogen is a nutrient that limits the vegetal production, and it is possible to be obtained from the atmospheric air by bacteria of the genus *Azospirillum*. The inoculation with *Azospirillum brasilense* can be carried out via seed treatment or foliar route, and it is possible to use irrigation water as vehicle, reducing operational costs. The objective of this work was to evaluate the effect of doses and times of *Azospirillum brasilense* application via irrigation water in the development of the plant and grain yield, besides its capacity to replace part of the N applied in cover in the wheat crop. The experiment was conducted in an irrigated area of Universidade Brasil, Fernandópolis/SP, with wheat CD-116 in 2016. The experimental design was a randomized block design in a 4x2 factorial design [inoculant doses (0, 2, 4 and 8 L/ha) and times of application (at 10 and 30 days after emergence - DAE)] with 3 replicates. All plots received 20 kg/ha of N at sowing, in addition to phosphorus and potassium. The treatments without inoculant were fertilized in coverage with 60 kg/ha of N. It was concluded that *Azospirillum brasilense* application via irrigation water up to 8 L/ha was not able to substitute the nitrogen fertilization in the cover (60 kg/ha) in the wheat crop, not having an effect on plant development and productivity. Nitrogen fertilization in coverage at 10 or 30 DAE does not interfere in the development of the plant, mass of 1000 grains and yield of wheat grains.

KEYWORDS: inoculation, inoculant, nitrogen fixing bacterium, biological fixation

INTRODUÇÃO

A elevação da produtividade de grãos das principais culturas anuais observada no decorrer das últimas safras no Brasil, provém de uma série de fatores, que envolvem desde a utilização de cultivares mais adaptadas, maior investimento na fertilidade do solo, manejo mais rigoroso de pragas e doenças, controle de plantas daninhas e outros tratamentos culturais. Um dos fatores principais para esses ganhos, segundo Megda et al. (2009), é o correto manejo do nitrogênio (N), sendo este o elemento nutricional absorvido em maiores quantidades pelas plantas e que garante as respostas mais positivas quanto a produtividade de grãos.

As principais fontes de N disponibilizadas às culturas provêm da adubação química e da matéria orgânica do solo. No entanto, vem ganhando espaço nos últimos anos, através das descobertas de estudos científicos, a utilização de bactérias diazotróficas, principalmente do gênero *Azospirillum*, capazes de fixar o N atmosférico, tornando-o disponível às plantas em formas assimiláveis.

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) correspondem a um grupo de microrganismos benéficos às plantas devido à capacidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filósfera e tecidos internos das plantas (Davison, 1988; Kloepper et al., 1989).

O gênero *Azospirillum* abrange um grupo de BPCP de vida livre que é encontrado em quase todos os lugares da terra; há relatos, também, de que as bactérias desse gênero podem ser endofíticas facultativas (Döbereiner & Pedrosa, 1987; Huergo et al., 2008).

Bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam grande destaque mundialmente a partir da década de 1970 (Döbereiner & Day, 1976; Döbereiner et al., 1976), com a descoberta pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000), da capacidade de fixação biológica do N dessas bactérias quando em associação com gramíneas. A inoculação com a espécie *Azospirillum brasilense* pode ser realizada no tratamento de sementes ou em aplicação via foliar, porém, poucos trabalhos mostraram a eficiência da aplicação via foliar deste microrganismo (Hungria, 2011). O sucesso da inoculação com bactérias diazotróficas endofíticas foi obtido em 60 a 70% dos experimentos já realizados. Apesar de muitos anos de pesquisa, ainda se observam respostas muito variáveis, o que mostra a importância e justifica a realização de experimentos de campo (Dobbelaere et al., 2002). Outra possível forma de aplicação de *Azospirillum* é via água de irrigação, de forma a molhar a planta já estabelecida e o seu sistema radicular, evitando-se a necessidade de gastos com a aplicação foliar ou mesmo na semente.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de *Azospirillum brasilense* via água de irrigação no desenvolvimento da planta e produtividade de grãos, além de sua capacidade de substituir parte do N em cobertura na cultura do trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Brasil, campus de Fernandópolis/SP, no período de junho a setembro de 2016. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen é subtropical úmido, Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso sendo o solo um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, abrupto, A moderado, textura arenosa/média (Santos et al., 2006), cuja caracterização química encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental (0-0,20m) de profundidade, coletadas antes da implantação do experimento. Fernandópolis/SP, 2016.

Prof. cm	P res. mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K -----mmol.dm ⁻³ -----	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V %
0-20	7	13	5,0	1,4	15	6	23	22,4	45,5	49,3

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Brasil, campus Fernandópolis/SP, 2016.

O solo foi preparado de modo convencional, com uma aração e duas gradagens e a área foi semeada manualmente em 15/06/2016 com a cultivar CD-116 de modo a atingir uma densidade de 576 sementes viáveis/m², em um espaçamento de 0,17 m entre linhas. A adubação de plantio (20 kg/ha de N na forma de ureia, 70 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 40 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio) foi feita nos sulcos de semeadura, de acordo com Raij et al. (1997), considerando uma produtividade esperada de 2,5 -3,5 t/ha. Aos 10 e 30 dias após a emergência (DAE) das plantas,

nos tratamentos que não receberam inoculante via água de irrigação, foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura com 60 kg/ha de N na forma de ureia, considerando a produtividade de grãos esperada (2,5-3,5 t/ha) e a classe alta de resposta esperada a N (área anteriormente cultivada com milho) (Raij et al., 1997). Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2 (doses de inoculante via irrigação: 0, 2, 4 e 8 L/ha e épocas de aplicação: 10 e 30 DAE), com três repetições. Durante todo o experimento a área foi irrigada duas/três vezes por semana com aspersores do tipo canhão “Pluvio 150”.

As sementes foram tratadas com o fungicida Carboxin+Thiram (Vitavax-Thiram 200 SC®) na dose de 300 mL do produto comercial 100 kg⁻¹ de sementes e o inseticida fipronil (Standak®) na dose de 100 mL do p.c./100 kg de sementes. Instalou-se o experimento em parcelas com 8 linhas de 4 m de comprimento, espaçadas 0,17 m entre si, sendo consideradas como área útil as quatro linhas centrais.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi efetuado quando necessário, sendo a colheita foi manual e realizada em 29/09/2016. A resposta aos tratamentos foi avaliada nas variáveis: Altura da planta: determinada em 10 plantas ao acaso por parcela na época de maturação; Número de colmos por metro no momento da colheita; Número de espigas por metro no momento da colheita; Produtividade de grãos em kg/ha (13% base úmida); Massa de 1000 grãos (g, 13% base úmida); Umidade: determinada pelo método da estufa a 105°C ± 3°C de acordo com as Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Após a realização de todas as avaliações, os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias referentes a dose de inoculante via água de irrigação, quando significativas, foram comparadas por análise de regressão, enquanto os dados de época de aplicação, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colheita foi realizada manualmente no dia 29/09/2014, estando a cultivar CD-116 com um ciclo de 106 dias. De acordo com a Coodetec (2011), a cultivar CD-116 possui um ciclo médio de 108 dias até a maturação.

A redução no ciclo desta cultivar pode ser explicada pelas altas temperaturas ocorridas no período do experimento. O excesso de calor, além de induzir perdas quantitativas e qualitativas na produção, encurta a duração do ciclo, reduz a área foliar, a estatura e a porcentagem de fecundação das flores, acelera o período de enchimento e a senescência, além de diminuir o peso médio dos grãos do trigo (Demirevska-Kepova et al., 2005 citado por Ribeiro et al., 2012). A temperatura ótima para o desenvolvimento de trigo está na faixa de 18-24°C (Stone & Nicolas, 1994).

Segundo Streck (2005) aumentos de temperaturas de 15/10°C (diurno/noturno) para 21/16°C reduziu de 60 para 36 dias a duração do enchimento de grãos, reduzindo para 22 dias quando a temperatura aumentou para 30/25°C, afetando significativamente também o peso de grãos.

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias do número de colmos e espigas por metro, a altura da planta, a produtividade de grãos e a massa de 1000 grãos quando se avaliou diferentes doses de inoculante via água de irrigação em duas épocas de aplicação na cultura do trigo.

Os dois fatores avaliados (dose e época de aplicação de inoculante via água de irrigação), bem como a sua interação, não interferiram no desenvolvimento da cultura (número de colmos e de espigas e altura da planta) e na massa de 1000 grãos, havendo, porém, interferência significativa da dose de inoculante via água de irrigação na produtividade de grãos (Tabela 2).

A altura média das plantas foi de 69,8 cm (Tabela 2), estando abaixo do descrito pela Coodetec (2011) que é de 77 cm, o que refletiu numa baixa taxa de acamamento das plantas. O estresse térmico é definido como o aumento da temperatura acima do valor crítico, por período de tempo suficiente para causar danos irreversíveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas (Souza et al., 2011).

A média do número de colmos por metro foi de 89,2, indicando um baixo perfilhamento (Tabela 2). Na semeadura foram utilizadas 98 sementes/m, com um valor cultural de 74%, o que totalizou 72 sementes viáveis/m, sendo assim, cada planta produziu em média 1,24 perfilhos. De acordo com o recomendado pela Coodetec (2011) para áreas abaixo de 500 m, a população recomendada é de 66 a 77 plantas por metro, portanto, neste experimento a população final foi adequada.

Segundo Zagonel et al. (2002), a população de plantas obtida no momento da semeadura afeta o número de perfilhos desenvolvidos por planta. Destro et al. (2001) ressaltam que plantas de trigo em baixas populações produzem mais perfilhos do que em condições de alta densidade de semeadura.

Assim, a quantidade de plantas emergidas é um dos fatores que irão definir o número de perfilhos emitidos por planta. A competição entre plantas tem maior efeito sobre o desenvolvimento de perfilhos do que sobre o colmo principal, o que salienta a supressão do desenvolvimento destes em detrimento ao colmo principal, quando as plantas são submetidas a condições de estresse, como profundidade de semeadura, disponibilidade hídrica ou espaço físico (Santos & Mundstock, 2002). O trigo tem por característica desenvolver muitos perfilhos, que, na maioria das vezes, não são férteis, e dessa maneira, o potencial de perfilhamento da espécie não está expresso em rendimento de grãos (Tonet, 1999).

Tabela 2. Médias de altura da planta, número de colmos e de espigas por metro, massa de 1000 grãos (M1000) e produtividade de grãos de trigo (Prod) de acordo com a dose de inoculante via água de irrigação e época de aplicação. Fernandópolis, 2016.

Tratamento	AP (cm)	N colmos (colmos/m)	N espigas (espigas/m)	M1000 (g)	PROD (kg/ha)
Inoculante/dose					
0 L/ha	70,9	73,0	69,7	44,032	2756
2 L/ha	70,3	91,5	87,8	42,992	2075
4 L/ha	69,9	98,5	84,2	42,534	2377
8 L/ha	68,3	94,0	89,5	42,136	2238
Teste F (I)	1,044ns	2,523ns	1,860ns	2,126ns	5,241*
CV (%)	7,48	19,38	19,59	3,20	13,16
MÉDIA GERAL	69,8	89,2	82,8	42,923	2362
Época de aplicação					
10 dias	71,1a	84,2a	77,6a	43,091a	2383a
30 dias	68,5a	94,2a	88,0a	42,756a	2340a
Teste F (E)	1,546ns	2,006ns	2,475ns	0,36ns	0,118ns
DMS	4,52	15,0	14,0	1,188	268,9
Teste F (I x E)	0,259ns	0,965ns	1,373ns	0,108ns	1,491ns

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *: significativo ao nível de 5%. ns: não significativo. CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

Quanto ao número de espigas por metro, a média foi de 82,8, ou seja, dos 89,2 colmos/perfilhos por metro, 93% produziram espigas (Tabela 2).

A massa média de 1000 grãos foi de 42,923 g, estando acima do valor descrito pela Coodetec (2011) que é de 36 g (Tabela 2).

A produtividade média de grãos foi de 2362 kg/ha (Tabela 2), o que foi baixa levando-se em consideração a produtividade média brasileira de 2016 que alcançou 3175 kg/ha e a de São Paulo de 3129 kg/ha (CONAB, 2016).

CONCLUSÃO

- a aplicação da bactéria *Azospirillum brasilense* via água de irrigação até a dose de 8 L/ha de inoculante não foi capaz de substituir a adubação nitrogenada em cobertura (60 kg/ha) na cultura do trigo, não interferindo no desenvolvimento da planta e na massa de 1000 grãos.

- a adubação nitrogenada em cobertura aos 10 ou aos 30 DAE não interferiu no desenvolvimento da planta, na massa de 1000 grãos e na produtividade de grãos de trigo.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. Safra 2016/17, quarto levantamento. CONAB, v. 4, n.3, dez. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2017.
- COODETEC. **Trigo 2011. Guia de Produtos**. 2011. Disponível em: <<http://restrita.coodetec.com.br/baixar/guia%20trigo.pdf>>. Acesso em: 10 de novembro de 2017.
- Davison, J. Plant beneficial bacteria. **Bio/Technology**, v.6, p.282- 286, 1988.
- Destro, D. et al. Main stem and tiller contribution to wheat cultivars yield under different irrigation regimes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.44, n.4, p.325-330, 2001.

- Dobbelaere, S. et al. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, p. 284-297, 2002.
- Döbereiner, J.; Day, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: Newton W.E.; Nyman, C.T. (Ed.) International Symposium On Nitrogen Fixation, vol. 2. **Proceedings...** Pullman, USA: Washington State University Press, 1976. p.518-538.
- Döbereiner, J.; Marriel, I.; Nery, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, v.22, p.1464-1473, 1976.
- Döbereiner, J.; Pedrosa, F.O. Nitrogen-fixing bacteria in non-leguminous crop plants. **Science Tech, Springer Verlag**, Madison, USA, 1987. p. 1-155. (Brock/Springer series in contemporary bioscience)
- Ferreira, D. F. **SISVAR 4,6 - programa de análise estatística**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.
- Huergo, L.F. et al. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: Cassán, F.D.; Garcia De Salamone, I. ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.
- Hungria, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. 2011. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/download/doc325.pdf>>. Acesso em: 19 de outubro de 2017.
- Kloepper, J.W.; Lifshitz, R.; Zablutowicz, R.M. Free-living bacterial inoculate for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**. v.7, p.39-43, 1989.
- Megda, M. M. et al. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p:1055-1060, 2009.
- Raij, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- Ribeiro, G. et al. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.18, n.2-4, p.133-142, 2012.
- Santos, H.P.; Mundstock, C.M. Parâmetros da habilidade competitiva no estabelecimento de populações caracterizam o potencial de produção individual em trigo e aveia. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.25, n.1, p.43-53, 2002.
- Santos, H.G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- Souza, M.A.; Pimentel, A.J.B.; Ribeiro, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: Fritsche-Neto, R.; Borém, A. (Eds.) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. cap.9. p.199-226.
- Stone, P.J.; Nicolas, M.E. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain-yield and quality to short periods of post-anthesis heat-stress. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.887-900, 1994.
- Streck, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.730-740, 2005.
- Tonet, G.L. **Resistência de plantas de trigo ao pulgão verde dos cereais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 3p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 17). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co17.htm>. Acesso em: 31 de agosto de 2017.
- Zagonel, J. et al. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.