

Cientific Paper

Azospirillum brasilense e nitrogênio: atuação no potencial fisiológico de sementes de trigo

Resumo

A associação do *Azospirillum brasilense* e trigo, pode promover parte do nitrogênio requerido pela planta. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da interação da inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio, sobre a qualidade fisiológica da semente e o desempenho inicial de plântulas de trigo. Na condução do experimento avaliou-se, sementes de trigo com e sem inoculação com *Azospirillum brasilense*, em interação com cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹). As sementes foram avaliadas quanto: à determinação do grau de umidade, e pelos testes de germinação; comprimento de raiz, parte aérea e total de plântulas; massa fresca e seca; e emergência de plântula e altura de plântula aos 16 dias. Por meio dos resultados obtidos conclui-se que a inoculação das sementes de trigo com *Azospirillum* sp. é favorável a germinação, quando em conjunto com o nitrogênio até a dose de 40 kg por hectare. Dosagens de até 80 kg N ha⁻¹ em sementes com *Azospirillum* sp. favorecem o comprimento total das plântulas de trigo; houve redução na massa fresca e na emergência e altura de plântulas de trigo aos 16 dias após a semeadura, independente das sementes serem ou não inoculadas com *Azospirillum* sp.

Palavras chave: *Triticum aestivum*, Germinação, Vigor, Bactérias diazotróficas.

Solange Rodrigues de Paula Alves¹

André Luiz Oliveira de Francisco²

Tereza Cristina de Carvalho³

Abstract

Azospirillum brasilense and nitrogen: performance in the physiological potential of wheat seeds

The association of *Azospirillum brasilense* and wheat can promote part of the nitrogen required by the plant. The objective of this study was to evaluate the effect of the interaction of the inoculation of wheat seeds with *Azospirillum brasilense* and nitrogen on the physiological quality of the seed and the initial performance of wheat seedlings. In the experiment, wheat seeds with and without inoculation with *Azospirillum brasilense*, in interaction with five nitrogen doses (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹) were evaluated. The seeds were evaluated for: the determination of the degree of humidity, and the germination tests; Root length, aerial part and total seedlings; Fresh and dry mass; And emergence of seedling and seedling height at 16 days. By means of the obtained results it is concluded that the inoculation of wheat seeds with *Azospirillum* sp. Is favorable to germination, when together with the nitrogen up to the dose of 40 kg per hectare. Dosages of up to 80 kg N ha⁻¹, in seeds with *Azospirillum* sp. Favors the total length of wheat seedlings; And in the emergence and height of wheat seedlings at 16 days after sowing, regardless of whether or not they were inoculated with *Azospirillum* sp.

Key words: *Triticum aestivum*. Germination. Vigor. Diazotrophic bacteria.

Received at: 01/02/17

Accepted for publication at: 10/07/17

¹ Acadêmica de Agronomia. Faculdades Integradas do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais - CESCAGE - Rua Balduino Taques, 810 - Centro, Ponta Grossa - PR, 84010-000. Email:solalves.agro@mail.com

² Eng. Agrônomo. Msc. Prof. Faculdades Integradas do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais - CESCAGE - Rua Balduino Taques, 810 - Centro, Ponta Grossa - PR, 84010-000. Email:alfrancisco@iapar.br

³ Eng. Agrônoma. Dra. Prof. Faculdades Integradas do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais - CESCAGE - Rua Balduino Taques, 810 - Centro, Ponta Grossa - PR, 84010-000. Email:tcscarva@gmail.com

Resumen

***Azospirillum brasilense* y nitrógeno: actuación en el potencial fisiológico de semillas de trigo**

La asociación de *Azospirillum brasilense* y trigo, puede promover parte del nitrógeno requerido por la planta. Así, se objetivó evaluar el efecto de la interacción de la inoculación de semillas de trigo con *Azospirillum brasilense* y nitrógeno, sobre la calidad fisiológica de la semilla y el desarrollo inicial de plántulas de trigo. En la conducción del experimento se evaluó, semillas de trigo con y sin inoculación con *Azospirillum brasilense*, en interacción con cinco dosis de nitrógeno (0, 40, 80, 120, 160 y 160 kg ha⁻¹). Las semillas fueron evaluadas en cuanto a la determinación del grado de humedad, y por las pruebas de germinación; datos de longitud de raíz, parte aérea y total de plántulas; masa fresca y seca; emergencia de plántula y altura de plántula a los 16 días. Por medio de los resultados obtenidos se concluye que la inoculación de las semillas de trigo con *Azospirillum* sp. es favorable a la germinación cuando en conjunto con el nitrógeno hasta la dosis de 40 kg por hectárea. Dosis hasta 80 kg N ha⁻¹, en semillas con *Azospirillum* sp. favorece la longitud total de las plántulas de trigo y en la emergencia y altura de plántulas de trigo a los 16 días después de la siembra, independientemente de las semillas ser o no, inoculadas con *Azospirillum* sp.

Palabras clave: *Triticum aestivum*. Germinación. Vigor. Bacterias diazotróficas.

Introdução

O trigo (*Triticum aestivum*) é um cereal de alto valor energético, sendo constituinte de diversos alimentos, tendo também aplicabilidade em produtos não alimentícios (SCHEUER et al., 2011). No Brasil, a produção da última safra, ultrapassou 6,7 milhões de toneladas (CONAB, 2017). No entanto essa produção atende, aproximadamente, 50% da demanda interna do cereal, o que leva o país a depender da importação, principalmente da Argentina (BRASIL, 2016). Diante disso, constata-se a necessidade de se buscar alternativas que visem o aumento da produtividade, diminuindo custos e promovendo competitividade.

Um dos fatores essenciais para se obter altos rendimentos da cultura, refere-se ao manejo adequado da adubação nitrogenada (ZAGONEL et al., 2002). O nitrogênio constitui no macronutriente mais limitante de sua produção (RODRIGUES et al., 2014). Participando da composição de compostos orgânicos, atuando no perfilhamento, produção de biomassa e de sementes (TAIZ e ZEIGER, 2013; VOGEL e FEY, 2016).

A adubação nitrogenada influi diretamente na produtividade e qualidade das sementes produzidas (SILVA et al., 2005; CAZETTA et al., 2008). A correta aplicação do N no trigo é fundamental, pois evita perdas e melhora a eficiência da adubação (SILVA et al., 2005). A demanda da planta por N nos estágios iniciais é intensificada, principalmente após a emergência da plântula até o aparecimento

da sétima folha (YANO et al., 2005); sendo também importante para complementar a formação de espiguetas e sementes por espiga (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2001).

Atualmente, a adubação química constitui a principal fonte disponível de N às culturas, e no intuito de se obter altas produtividades, são aplicadas doses elevadas de nitrogênio. Todavia, apenas 50% é aproveitado pelas plantas, sendo que o restante se perde devido a lixiviação, volatilização da amônia, desnitrificação, imobilização microbiana e erosão (BINOTO, 2013; GALINDO, 2015). Esse uso excessivo pode resultar em danos ao meio ambiente como acidificação do solo e eutrofização das águas, bem como elevar os custos da produção (BINOTO, 2013).

Diante disso, o uso de bactérias diazotróficas como *Azospirillum brasilense*, torna-se uma alternativa do ponto de vista ambiental e econômico, pois elas são capazes de colonizar a superfície das raízes e tecidos internos das plantas, promovendo seu crescimento (HUNGRIA, 2011). Estas bactérias, em associação com plantas, promovem a fixação biológica do nitrogênio, reduzindo a dependência por adubos químicos nitrogenados (HUNGRIA, 2011; PRANDO et al., 2014).

Cotrim et al. (2016) verificaram que, a inoculação desta bactéria em associação com o ácido húmico promoveu benefícios no vigor das sementes de trigo, conferindo maior resistência às plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Binoto (2013), que constatou o aumento no tamanho

e massa seca de raízes e de parte aérea em plântulas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

Os resultados obtidos através das pesquisas pela inoculação com *Azospirillum brasilense*, tem sido promissores. No entanto, ainda são escassos, sendo necessário mais informações científicas que abordem a interação das bactérias diazotróficas com o nitrogênio em diversas culturas. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito da interação da inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio, sobre a qualidade fisiológica da semente e o desempenho inicial de plântulas de trigo.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais - CESCAGE, no município de Ponta Grossa - PR. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), composto por sementes com e sem o inoculante (*Azospirillum brasilense*), que posteriormente foram expostas a cinco doses de nitrogênio.

As doses de nitrogênio foram definidas de acordo com a recomendação da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2016) e Comissão de Fertilidade do Solo (CFS, 1995), aplicando-se: 0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada, levando-se em consideração a adubação parcelada, na qual adotou-se 30% do total recomendado pela cultura, que é de 80 kg ha⁻¹, no momento da semeadura. A fonte de nitrogênio utilizada foi ureia.

Foram utilizadas sementes de trigo, cultivar TBIO Sossego, da categoria básica, produzidas na safra 2015/16. Posteriormente classificadas de acordo com as características físicas, a fim de se obter maior confiabilidade dos resultados (NAKAGAWA, 1999).

As sementes foram homogeneizadas (BRASIL, 2009), e divididas em duas amostras de 500 gramas, para compor os tratamentos com presença e ausência de *Azospirillum* sp.

Para os tratamentos com *Azospirillum brasilense*, foi utilizado o inoculante líquido da marca comercial "Grammy Crop" contendo bactérias da Estirpe BR 11005 (Sp 245) fixadoras do nitrogênio, utilizando-se a dosagem de 100 mL do produto por 25 kg⁻¹ de sementes de trigo, seguindo a recomendação do fabricante.

Após homogeneizadas, as sementes que compunham os tratamentos sem inoculante

receberam 4 mL de água, para igualar o grau de umidade das mesmas, ao grau de umidade das sementes tratadas com *Azospirillum*, que receberam 2 mL do inoculante + 2 mL de água. Posteriormente foi aplicado a ureia já dissolvida em um volume de água estipulado de acordo com a capacidade de retenção do substrato, recomendado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A análise estatística foi realizada em DIC, isoladamente para as sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense*, sob a interação das doses de nitrogênio, à saber: 0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹. O mesmo procedimento foi adotado para sementes sem o uso de inoculante. Usou-se quatro repetições por tratamento.

A exceção dos dados referente ao grau de umidade, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,01) e de regressão, sendo os modelos escolhidos com base no coeficiente de determinação e na sua significância.

As variáveis analisadas foram as seguintes:

a) Determinação do grau de umidade: determinado pelo método da estufa a 105±3°C, adotando-se duas subamostras de 5,0 gramas de sementes por tratamentos, por 24 horas em estufa a 105±3°C. Os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

b) Teste de Germinação: para cada repetição utilizou-se duas subamostras de 50 sementes, que foram semeadas em papel tipo Germitest, umedecido com água em volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As sementes foram mantidas em germinador a uma temperatura constante de 20°C, realizando-se a avaliação dos tratamentos ao sétimo dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

c) Massa fresca: seguiu-se o mesmo procedimento do item (b), salvo o número de sementes, que foram 10 sementes para cada subamostra de cada repetição. As plântulas normais obtidas no teste de germinação foram acondicionadas em pacotes de papel, previamente pesados em balança de alta precisão (para obtenção da tara); as quais foram pesadas, junto do papel, obtendo-se sua massa fresca, expressa em gramas.

d) Massa seca: após a determinação da massa fresca, descrito no item (c), os pacotes contendo as plântulas foram colocados em estufa a uma temperatura de 80°C, por 48 horas, sendo pesados, obtendo-se a massa seca das amostras, os resultados foram expressos em gramas.

e) Comprimento de plântula: utilizou-se duas

subamostras de 10 sementes, para cada repetição, que foram semeadas no terço superior do papel, tipo Germitest, previamente umedecido com água em volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em germinador a uma temperatura constante de 20°C, por 7 dias. O comprimento das plântulas normais foi obtido através da medição, por meio do auxílio de régua, da parte aérea, da raiz e do comprimento total das plântulas. Os resultados obtidos foram expressos em centímetros médio por plântula (NAKAGAWA, 1999).

f) Emergência de plântula: utilizou-se 50 sementes de trigo por repetição, as quais foram semeadas em bandeja de 200 células contendo substrato do tipo vermiculita. O conjunto foi mantido em ambiente de laboratório, durante todo o período de duração do teste, sendo feita irrigação artificial em intervalos regulares de dois dias. Após 16 dias da semeadura, realizou-se a contagem de plântulas normais emergidas, sendo expressos os resultados em porcentagem.

g) Altura de plantas: realizado aos 16 dias após a semeadura (plântulas do item f), mediante auxílio de uma régua graduada, ao qual mediu-se desde a base do epicótilo até o ápice das plântulas. Os resultados foram expressos em centímetros médio por plântula, por tratamento.

Resultados e discussão

O grau de umidade das sementes (Tabela 1) apresentou valores semelhantes, sendo de 14,8% de água para as sementes com *Azospirillum brasilense* e 14,3% para as sementes sem inoculação, demonstrando homogeneidade quanto ao grau de umidade das sementes no momento de instalação do experimento. Segundo Marcos-Filho (2015), o grau de umidade das sementes deve apresentar valores similares, pois sua uniformidade é fundamental para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes.

Tabela 1. Dados médios da determinação do grau de umidade de sementes de trigo sob a interação de *Azospirillum brasilense* e nitrogênio.

Tratamentos	Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)				
	0	40	80	120	160
<i>Azospirillum</i> sp.	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
Sem <i>Azospirillum</i> sp.	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3

Os valores obtidos no teste de germinação (Figura 1A), demonstraram que, independente da realização da inoculação das sementes de trigo com *Azospirillum brasilense*, ou da ausência da inoculação, a germinação das sementes foi favorecida até a dosagem de 80 kg de N ha⁻¹. Este fato é adequado, pois sementes devem manter a germinação mínima, visando sua adequação segundo normas para

comercialização das sementes (MAPA, 2013).

Vale ressaltar também, que as respostas quanto ao desempenho da cultura do trigo cujas sementes foram inoculadas com o *A. brasilense* é influenciado pela adubação nitrogenada associada à inoculação (PICCININ et al., 2013); e que esta interação deve ser estudada afim de aferir as melhores combinações.

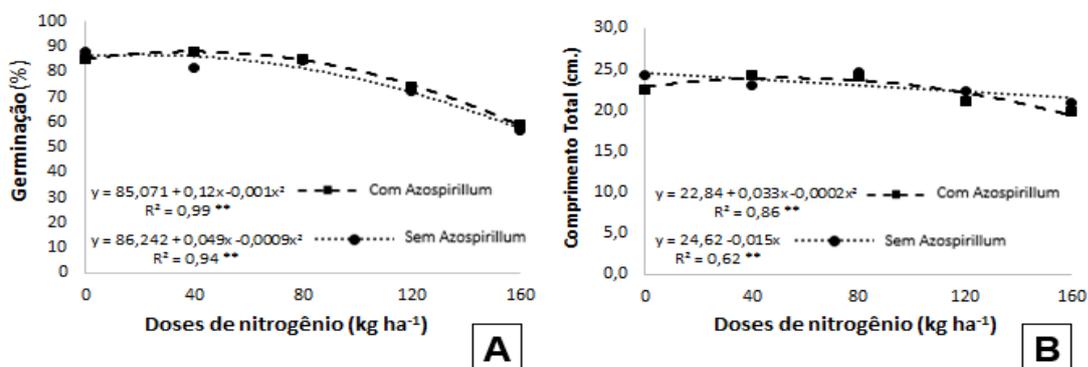


Figura 1. Germinação (A) e Comprimento total de plântula (B), de trigo sob a interação de *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. ** e * significativo a 1% e a 5%, respectivamente, pelo teste "t".

Ao verificar o comprimento total das plântulas de trigo (Figura 1B), constatou-se que as doses de N foram favoráveis ao crescimento das plântulas até a dose de 80 kg N ha⁻¹, para sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense*. A partir desta dose houve decréscimo no comprimento total das plântulas, provavelmente em função do excesso de N que foi prejudicial às mesmas. Resultados opostos foram observados quando não se inoculou as sementes de trigo com o *Azospirillum* sp. (Figura 1B).

Reis Júnior et al. (2008); Roesch et al. (2006), encontraram resultados semelhantes, ao constatar efeito negativo sobre populações de bactérias diazotróficas associadas à cultura do milho, quando

expostas a doses elevadas de N. Sementes de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense*, ao receber 100% de N na forma mineral de ureia, pode ocorrer a anulação do efeito da inoculação (HUNGRIA, 2011).

Ao analisar o comprimento de raiz de plântulas de trigo (Figura 2A), houve uma melhor resposta quando usado 80 kg ha⁻¹ de N, tanto para sementes com ou sem *Azospirillum brasilense*. Este resultado, se difere dos encontrados por Rampim et al. (2012), ao submeterem sementes de trigo ao tratamento com bioestimulante, triadimenol e *Azospirillum brasilense*, em que não constataram diferenças no crescimento das raízes de plantas de trigo com inoculação com *A. brasilense*.

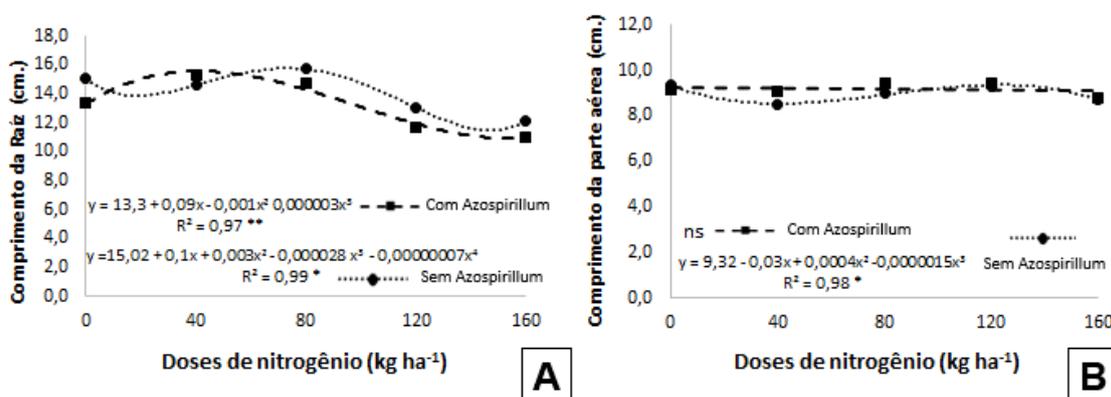


Figura 2. Comprimento de raiz (A) e da parte aérea de plântulas (B) de trigo sob a interação de *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. ** e * significativo a 1% e a 5%, respectivamente, pelo teste "t".

Ao analisar o comprimento da parte aérea das plântulas de trigo (Figura 2B), constata-se, que não houve significância para os tratamentos cujas sementes não foram inoculadas com *Azospirillum brasilense*. Já para as sementes inoculadas com o *Azospirillum* sp., o crescimento da raiz teve uma resposta positiva, especialmente quando associado a dose de nitrogênio de 120 kg ha⁻¹. Esse acontecimento pode ser explicado em função de que os efeitos da associação de *Azospirillum brasilense*, ocorre mediante a soma de diversos mecanismos, tal como a transferência do nitrogênio fixado durante o início do desenvolvimento da plântula associado a presença do inoculante (BASHAN et al., 2004). Resultados semelhantes foram encontrados por Brzezinski et al. (2014), verificando maior desenvolvimento de parte aérea e de raízes de trigo, quando as sementes foram inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

A variabilidade de resultados à inoculação com bactérias promotoras de crescimento ocorre devido a particularidade da interação bactéria-hospedeiro e da influência de fatores abióticos, uma vez que a bactéria possui associação livre à planta, seja na rizosfera ou no interior dos tecidos (GYANESHWAR et al., 2002).

Os resultados de massa fresca das plântulas de trigo (Figura 3A) mostraram efeitos lineares decrescentes em função das doses de N, tanto para as sementes com e sem o *Azospirillum brasilense*. Ao analisar individualmente o efeito da dose de 40 kg de N ha⁻¹, verifica-se, que até esta dosagem de N, não houve redução da massa fresca, independente se houve ou não a inoculação com o *Azospirillum brasilense*. No entanto, pelos resultados expressos na Figura 3A, houve decréscimo na massa fresca de plântulas de trigo, especialmente a partir desta dose.

Dartora et al. (2013b), constataram que a adubação nitrogenada favoreceu o desenvolvimento da cultura de trigo até a dose de 160 kg ha⁻¹, o que permitiu incremento de 12% na matéria seca de parte aérea. Entretanto, vale ressaltar que dosagens elevadas de nitrogênio podem anular o efeito da associação da planta com o *Azospirillum* sp. Isso se deve, aos efeitos da associação de *Azospirillum brasilense* ocorrer mediante a soma de diversos mecanismos, tal como o ambiente (BASHAN et al., 2004); e se o ambiente fornece todo o nitrogênio requerido pela planta, a associação é comprometida.

Os resultados de massa seca de plântulas de trigo (Figura 3B), mostraram que para as sementes inoculadas com o *Azospirillum brasilense*, houve acréscimo no ganho de massa seca de plântula, proporcional ao aumento nas doses de nitrogênio utilizada. Marini et al. (2015), observaram que a inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* proporcionou incrementos de 12%, para a matéria seca de parte aérea do milho. Já para as sementes não inoculadas com o *Azospirillum brasilense*, não houve diferenças significativas nas doses de nitrogênio testadas (Figura 3B).

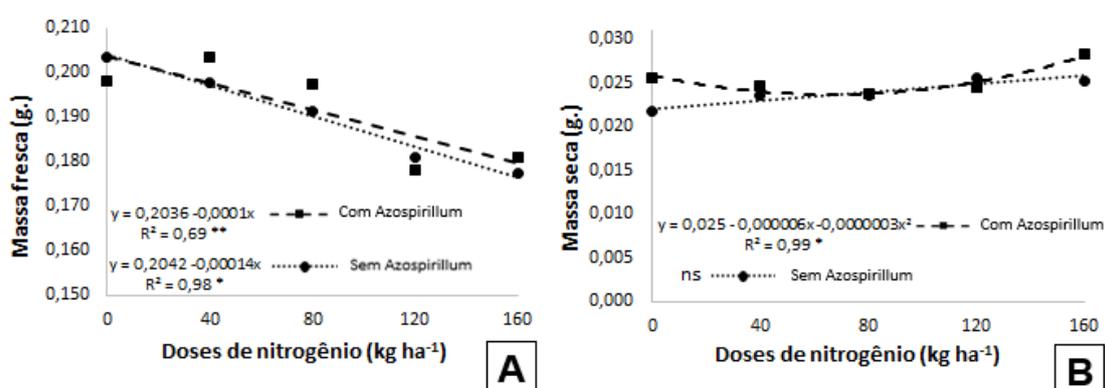


Figura 3. Massa fresca (A) e massa seca de plântulas (B) de trigo sob a interação de *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. ** e * significativo a 1% e a 5%, respectivamente, pelo teste "t".

O desenvolvimento inicial de plantas pode ser favorecido pela inoculação com *Azospirillum brasilense*, que produz reguladores de crescimento, estimulando o crescimento da raiz, potencializando sua capacidade de absorção (CASSÁN et al., 2009).

Vale ressaltar, que a fixação de nitrogênio é um processo que demanda de alto custo energético à planta (FAGAN et al., 2007). Desta forma, quando há grandes quantidades de nutrientes disponíveis, ocorre uma redução da fixação biológica (MENDES

et al., 2003). Nesse sentido, cabe encontrar qual é a melhor dose de nitrogênio que permita viabilizar o uso de bactérias que façam associação com a planta e viabilizem a aplicação de uma dosagem mínima de nitrogênio, permitindo reduzir custos do produtor.

Os resultados de emergência de plântulas de trigo (Figura 4A) demonstram efeito linear decrescente para esta variável em função das doses de N, para os tratamentos com e sem a inoculação com *Azospirillum brasilense*.

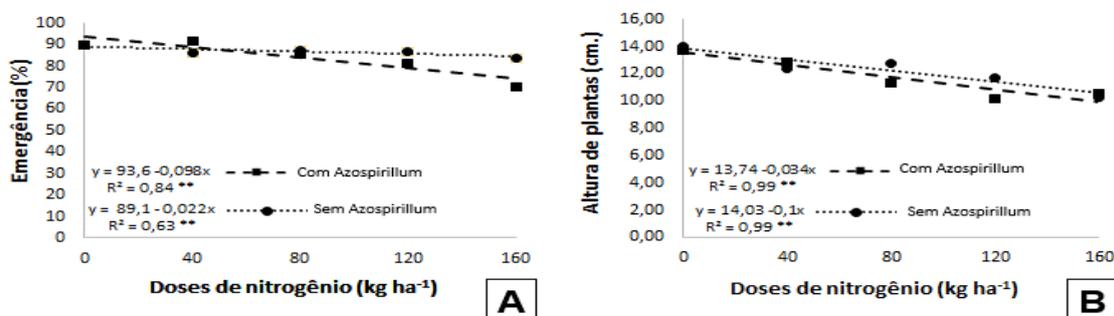


Figura 4. Dados médios da emergência (A) e altura média (B) de plântulas de trigo aos 15 dias após a semeadura, sob a interação de *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. * e * significativo a 1% e a 5%, respectivamente, pelo teste "t".

Um dos efeitos decorrentes da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, consiste na ativação de reações fisiológicas das plantas, como a produção de proteínas interagindo com mecanismos de defesa, promovendo uma melhor adaptação às condições adversas do meio ambiente (ALMEIDA et al., 2009). Tal efeito, demonstra a necessidade de continuar estudos sobre o comportamento de plantas de trigo sob a interação das doses de nitrogênio e do *Azospirillum brasilense*.

Em relação à altura de plantas (Figura 4B), houveram efeitos lineares decrescentes para as sementes com e sem *Azospirillum brasilense*, em função das doses de N. As maiores alturas de plantas foram encontradas quando não foi utilizado o nitrogênio (Figura 4B). Diferentemente de Dartora et al. (2013b); Lana et al. (2012), que ao avaliarem as respostas do milho à inoculação com *Azospirillum brasilense*, não encontraram efeitos significativos da inoculação sobre a altura de plantas.

O fornecimento de *Azospirillum brasilense* também pode ser testado via aplicação em sulco de semeadura, como já realizado na cultura do milho, por Moraes et al. (2016), que destacaram a eficiência na aplicação de *Azospirillum* na produção de grãos de milho. Também foi verificado que a aplicação

em sulco de semeadura permite redução de 25% da necessidade de aplicação de adubos nitrogenados (FUKAMI et al., 2016). Constata-se a relevância deste estudo, por meio dos resultados aqui obtidos, pois os mesmos irão fornecer subsídios a técnicos e produtores na tomada de decisão em usar ou não o *Azospirillum brasilense* em associação a adubos nitrogenados na cultura do trigo. No entanto, constata-se a relevância da continuidade de estudos no que diz respeito a avaliar o comportamento da cultura do trigo durante toda a fase vegetativa e reprodutiva da planta.

Conclusões

A inoculação das sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* é favorável a germinação, quando em conjunto com o nitrogênio até a dose de 40 kg por hectare.

Dosagens de até 80 kg N ha⁻¹ em sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense* favorece o comprimento total das plântulas de trigo.

Houve redução na massa fresca e na emergência e altura de plântulas de trigo aos 16 dias após a semeadura, independente das sementes serem ou não inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

Referências

- ALMEIDA, A.S.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; PINHO, M.S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.87-95, 2009.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum* - plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521-577, 2004.
- BINOTTO, I. **Eficiência de *Azospirillum brasilense* em plântulas de quatro cultivares de trigo e sua interação com o tratamento de sementes**. 2013. 32f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Mapa/ACS, Brasília, 2009. 399p.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.317-323, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000200008>.
- BRZEZINSKI, C.R.; ZUCARELI, C.; HENNING, F.A.; ABATI, J.; PRANDO, A.M.; HENNING, A.A. Nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. **Revista Ciências Agrárias**, v.57, n.3, p.257-265, 2014. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.ao1391>
- CASSÁN F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and Bradyrhizobium japonicum E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v.45, n.1, p.28-35, 2009. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2008.08.005

- CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O.; GERMANI, R. Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticale submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 741-750, 2008.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2016/17**. Quinto levantamento. v.4, n.5, 2017. Disponível em www.conab.gov.br. Acesso em: 5 mar. 2017
- CBPTT. Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. **Informações Técnicas para Trigo e Triticale - Safra 2016**. 2016. 9ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, Passo Fundo, RS, 230p.
- CFS. Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 223p.
- COTRIM, M. F.; ALVAREZ, R. C. F.; SERON, A. C. C. Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta a aplicação de *Azospirillum brasilense* e ácido húmico. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 4, p. 349-357, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2016v10n4p349-357>
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; PINTO JÚNIOR, A.S.; CRUZ, L.M.; MENSCH, R. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 3, p. 175-181, 2013. (a). DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v12n3p175-181
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1023-1029, 2013. (b)
- FAGAN, E.B.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; DOURADO, NETO D. AND MÜLLER L. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja - Revisão. **Revista da FZVA**, v.14, n.1, p.89-106, 2007.
- FUKAMI, J.; NOGUEIRA M.A.; ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express**, v.6, n.3, p.1-13, 2016.
- GALINDO, F.S. **Desempenho agrônômico do milho e do trigo em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses e fontes de nitrogênio**. 2015. 150f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira.
- GYANESHWAR, P.; KUMAR, G.N.; PAREKH, L.J.; POOLE, P.S. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant Soil**, v. 245, p. 83-93, 2002. DOI: 10.1023/A:1020663916259
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa-Soja, 2011. 38p. (Documentos Embrapa-Soja, ISSN 2176-2937, n.325).
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C. et al. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.2, p.1 -24.
- PICCININ, G.G.; BRACCINI, A.L.; DAN, L.G.M.; SCAPIM, C.A.; RICCI, T.T.; BAZO, G.L. Efficiency of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* on agronomic characteristics and yield of wheat. **Industrial Crops and Products**, v.43, p.393-397, 2013.
- RAMPIM, L.; RODRIGUES-COSTA, A.C.P.; NACKE, H.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V.F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Journal of Seed Science**, v.34, n.4, p.678-685, 2012.
- REIS JUNIOR, F.B.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.1139-1146, 2008.

- ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S de; CAMARGO, F. A. O. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. **World Journal of Microbiology e Biotechnology**, v.22, n.9, p.967-974, 2006. DOI: 10.1007/s11274-006-9142-4
- RODRIGUES, L.F.O.S.; GUIMARÃES, V.F.; SILVA, M.B.; PINTO JUNIOR, A.S.; KLEIN, J.; COSTA, A.C.R. Características agrônômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.31-37, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100005>
- LANA, M. DO C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v.59, p.399-405, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300016>
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de Setembro de 2013. **Padrões de identidade e qualidade para produção e comercialização de sementes**. 2013.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina, PR: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes - ABRATES, 2015. 659 p.
- MARINI, D.; GUIMARÃES, V.F.; DARTORA, J.; LANA, M.C.; PINTO JÚNIOR, A.S. Growth and yield of corn hybrids in response to association with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, v.62, n.1, p.117-123, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562010015>
- MENDES, I.C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Soybean response to starter nitrogen and *Bradyrhizobium inoculation* on a Cerrado Oxisol under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.81-87, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000100009>
- MORAIS, T.P.; BRITO, C.H.; BRANDÃO, A.M.; REZENDE, W.S. Inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* in the seed furrow. **Revista Ciência Agrônômica**, v.47, n.2, p.290-298, 2016.
- NOVAKOWSKI, J.H.; SANDINI, I.E.; FALBO, M.K.; MORAES, A.; NOVAKOWSKI, J.H.; CHENG, N.C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, suplemento 1, p.1687-1698, 2011. DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32Sup1p1687
- SILVA, P.R.F.; STRIEDERI, M.L.; COSERI, R.P.S.; RAMBOI, L.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E.L.; SILVA, A.A. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. **Scientia Agola**, v.62, p.487-492, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000500014>
- SCHEUER, P.M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M.Z.; LIMBERGER, V.M. Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.2, p. 211-222, 2011.
- VOGEL, G.F.; FEY, R. Estímulo do potencial germinativo e fisiológico de centeio e triticale por *Azospirillum brasilense*, submetidos ao tratamento químico de sementes. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, p.493-498, 2016. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n4p493-498>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª edição, Porto Alegre: ARTMED Editora, 2013. 918p.
- YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. W.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n2p141>
- ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.25-29, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000100005>