

Uso de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 394

Uso de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo

*Solange Rocha Monteiro de Andrade
Fábio Bueno dos Reis Junior
Jorge Henrique Chagas*

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Unidade

Presidente
Lineu Neiva Rodrigues

Secretária-executiva
Alessandra Duarte de Oliveira

Secretária
Alessandra Silva Gelape Faleiro

Membros
Alessandra Silva Gelape Faleiro;
Alexandre Specht; Edson Eyji Sano;
Fábio Gelape Faleiro; Gustavo José Braga;
Jussara Flores de Oliveira Arbues;
Kleberson Worsley Souza;
Maria Madalena Rinaldi;
Shirley da Luz Soares Araújo

Supervisão editorial e revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Leila Sandra Gomes Alencar

Foto da capa
Solange Rocha Monteiro de Andrade

Impressão e acabamento
Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

1ª impressão (2022): tiragem (30 exemplares)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

A554u Andrade, Solange Rocha Monteiro de.

Uso de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo / Solange Monteiro de Andrade, Fábio Bueno dos Reis Júnior e Jorge Henrique Chagas. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2022.

25 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081, 394).

1. Bactéria. 2. Fixação de nitrogênio. I. Reis Júnior, Fábio Bueno dos. II. Chagas, Jorge Henrique. III. Título. II. Série.

CDD (21 ed.) 631.43

Shirley da Luz Soares Araújo (CRB-1/1948)

© Embrapa, 2022

Autores

Solange Rocha Monteiro de Andrade

Bióloga, doutora em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Fábio Bueno dos Reis Junior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Jorge Henrique Chagas

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Fitotecnia), pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

Apresentação

Nos anos 1970, o grupo da pesquisadora Johanna Döbereiner foi pioneiro nos estudos envolvendo a associação entre *Azospirillum* spp. e gramíneas e cereais, entre eles o trigo. O gênero *Azospirillum* engloba bactérias que podem promover o crescimento das plantas pela fixação biológica de nitrogênio (FBN); pelo estímulo na atividade da redutase do nitrato; pela indução da produção de reguladores de crescimento; bem como por outras moléculas importantes. No entanto, com a inconsistência dos resultados obtidos na resposta de trigo à inoculação por *Azospirillum*, até o final da primeira década dos anos 2000, ainda não havia a disponibilização de um inoculante comercial visando o incremento do rendimento de grãos. Em 2009, a Embrapa Soja, em parceria com a Universidade Federal do Paraná, lançou o primeiro inoculante comercial a base de uma mistura de estirpes de *Azospirillum brasilense* para trigo e milho. A Comissão Brasileira de Pesquisa em Trigo e Triticale indica o “uso de inoculante com *Azospirillum brasilense* desde que esteja devidamente registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)”. Porém, salientam que a eficiência agrônômica dos inoculantes pode variar em função das condições de cultivo do trigo. O presente trabalho pretende fazer uma revisão do uso de *Azospirillum brasilense* no cultivo de trigo, indicando alguns pontos a serem aprofundados para aprimorar a resposta da espécie à inoculação com a bactéria, como por exemplo, a compreensão da resposta do trigo à inoculação; a busca por estirpes específicas para a cultura e mais adaptadas ao ambiente de cultivo; a seleção de genótipos mais responsivos em programas de melhoramento e, por fim, a avaliação de outras possibilidades de uso da bactéria, como a coinoculação com *Rhizobium*.

Sebastião Pedro da Silva Neto
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Breve histórico sobre <i>Azospirillum</i>	9
O gênero <i>Azospirillum</i>	10
<i>Azospirillum</i> e a fixação biológica do nitrogênio	12
<i>Azospirillum</i> e estresse hídrico	13
Inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> em trigo	15
Considerações finais	21
Referências	22

Breve histórico sobre *Azospirillum*

As bactérias do gênero *Azospirillum*, inicialmente nomeadas como *Spirillum lipoferum*, foram descobertas na Holanda em 1925 por Martinus Beijerinck (Tarrand et al., 1978). No entanto, não receberam muita atenção até ganharem destaque mundial em 1974 com as descobertas da equipe da pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000) (Cassán et al., 2020). Os cientistas brasileiros constataram a capacidade dessas bactérias de fixarem biologicamente o nitrogênio atmosférico quando associada a algumas espécies de gramíneas bem como a possibilidade de produzirem diversos tipos de fitormônios, como auxinas, giberelinas e citocininas (Cassán et al., 2020).

No início dos anos 1970, a seleção e a identificação de espécies do gênero *Spirillum* foi incrementada após o desenvolvimento do meio de cultura NFb, que simula o ambiente que possibilita que essas bactérias sejam capazes de fixar o nitrogênio atmosférico (Baldani; Baldani, 2005). Estudos posteriores de bioquímica (acidificação de meios contendo açúcares), taxonomia (tipo e tamanho de flagelos) e genética (composição de bases do DNA), conduzidos numa parceria entre os Estados Unidos da América e o Brasil, demonstraram algumas disparidades entre as diferentes estirpes isoladas (Tarrand et al., 1978). Com base nessas descobertas, os autores concluíram que as bactérias não apresentavam as características do gênero *Spirillum* (Tarrand et al., 1978). Devido a isso, os microrganismos foram reclassificados e renomeados para gênero *Azospirillum* (Tarrand et al., 1978; Hungria, 2011). Na mesma época, renomearam as espécies estudadas para *Azospirillum lipoferum* e *A. brasilense*.

Azospirillum é considerado um microrganismo versátil pois foi isolado em diferentes ambientes além de ser capaz de colonizar diversas espécies de plantas promovendo o crescimento, desenvolvimento e produtividade (Cassán; Diaz-Zorita, 2016). Espécies e estirpes de *Azospirillum* foram isoladas em vários países, incluindo Argentina, Brasil, China, Taiwan, Coréia, Rússia, Paquistão e Iraque, entre outros (Cassán et al., 2020). Atualmente existem 22 espécies do gênero *Azospirillum* identificadas, mas as mais estudadas continuam sendo *A. brasilense* e *A. lipoferum* (Reis et al., 2010; Cassán et al., 2020).

As primeiras pesquisas visando a aplicação agrônômica de *Azospirillum* envolveram a sua capacidade de fixar nitrogênio em gramíneas. Os estudos demonstraram a existência de uma associação entre bactéria e planta, na qual, o microrganismo se localiza na região das rizosfera, na superfície das raízes, podendo ocupar até mesmo os espaços intercelulares do sistema radicular, em especial os protoxilemas. As avaliações fisiológicas demonstraram que a capacidade de FBN ocorria pela ação da enzima nitrogenase (Dobereiner; Baldani, 1982; Hungria, 2011). Com isso, a necessidade de obter um processo de FBN em gramíneas levou ao uso indiscriminado de inoculação sem estudos prévios da especificidade da associação entre bactéria e hospedeiro e que não corresponderam às expectativas dos pesquisadores. Com a continuação dos estudos foi demonstrado que há certa especificidade de gramíneas tropicais com relação a sua associação com *A. lipoferum* e de cereais temperados com *A. brasilense* (Döbereiner; Baldani, 1982). Segundo os autores, o milho é preferencialmente colonizado por *A. lipoferum*, enquanto trigo e arroz apresentam maior afinidade por *A. brasilense*.

O gênero *Azospirillum*

As bactérias do gênero *Azospirillum* são gram-negativas, aeróbicas, não fermentativas e foram identificadas principalmente como bactérias da rizosfera (Bashan, 1999), pois, proliferam na fração de solo afetada pela atividade radicular de inúmeras famílias de plantas. Essas bactérias foram identificadas em espécies perenes, porém a maioria é encontrada em espécies anuais. Depois de estabelecidas na rizosfera, em geral, promovem o crescimento do hospedeiro. O gênero *Azospirillum* engloba bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) que fixam nitrogênio e estimulam o desenvolvimento, principalmente de raízes. Esse gênero de BPCP é encontrado em quase todos os lugares do planeta (Hungria, 2011) e podem estimular o crescimento das plantas pela fixação biológica de nitrogênio; pelo estímulo na atividade da redutase do nitrato; pela indução da produção de reguladores de crescimento como auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, bem como de outras moléculas importantes. Além do mais podem atuar na solubilização de fosfatos e ter efeitos na tolerância a patógenos, diminuindo os efeitos deletérios ou aumentando a resistência (Bashan; Holguin, 1997; Dobbelaere et al., 2003; Hungria, 2011). Diversos autores sugerem que o crescimento radicular es-

timulado por *Azospirillum* spp. aumenta a capacidade de absorção de água e minerais, fortalecendo a tolerância ao estresse hídrico e salino (Bashan; Holguin, 1997; Dobbelaere et al., 2003; Bashan et al., 2004). Em geral, acredita-se que as BPCPs beneficiam o crescimento das plantas por uma combinação de diversos desses mecanismos (Dobbelaere et al., 2003).

Estudos recentes demonstraram que os mecanismos de promoção do crescimento das plantas inoculadas com essas bactérias estavam relacionados, principalmente, com produção de fitormônios e estímulo de mecanismos de defesa em resposta à interação dos microrganismos com a rizosfera (Dobbelaere et al., 2003; Hartman; Bashan, 2009). Os microrganismos, em resposta a algum tipo de estresse, produzem antioxidantes, osmoprotetores, reguladores de crescimento, exopolissacarídeos que, por sua vez, irão estimular o crescimento da raiz, a absorção de nutrientes, a formação de biofilmes, a remoção de espécies reativas ao oxigênio (ROS) e a produção de ácido abscísico (ABA) e outros reguladores (Grover et al., 2011). Essa interação de efeitos induz uma resposta positiva das plantas a estresses salino, hídrico (seca), osmótico, por temperatura e nutricional (Dimpka et al., 2009). Porém, a aplicação prática destes microrganismos em inoculantes, ou biofertilizantes, no entanto, tem sido controversa, pois, a resposta das culturas depende de fatores ecológicos, edafoclimáticos e agronômicos. Mesmo assim, no México e na Argentina, a inoculação de trigo e milho com *Azospirillum* tem sido utilizada comercialmente desde o início dos anos 2000 (Reis, 2007; Hartmann; Bashan, 2009) e, no Brasil, a partir de 2009 (Hungria et al., 2010).

Em 2016, Cassán e Diaz-Zorita (Cassán; Diaz-Zorita, 2016) publicaram uma revisão de 47 artigos sobre o uso de *Azospirillum*, variando de estudos em laboratório até aplicações no campo. Os autores verificaram que, em experimentos de campo em 12 países, principalmente no Brasil, os principais benefícios do *Azospirillum* estão relacionados aos efeitos nas plantas, mais voltados para o aumento do desenvolvimento radicular e consequente aumento do volume de solo explorado para aquisição de nutrientes e água. No levantamento das publicações com resultados de ensaios conduzidos a campo foi observada uma resposta positiva em 70% dos experimentos. Esses autores verificaram que a inoculação com *Azospirillum* spp., em condições de seca, apresentou aumento no rendimento dos grãos e cereais em cultivos de inverno (14,0%) e de verão (9,5%) e também em leguminosas (6,6%). Essas

respostas raramente são observadas quando a cultura está sob condições de estresse severo (seca extrema, baixa disponibilidade de nutrientes, etc.).

Azospirillum e a fixação biológica do nitrogênio

A FBN foi o primeiro mecanismo proposto para explicar a melhora do crescimento das plantas após a inoculação com *Azospirillum*. Isso ocorreu principalmente devido ao aumento do número de compostos nitrogenados nos colmos e grãos, bem como da atividade da nitrogenase nas plantas de trigo, sorgo e panicum, e também de outras gramíneas inoculadas com a bactéria (Bashan; Holguin, 1997; Bashan; Bashan, 2010).

A incorporação do N atmosférico por *Azospirillum* foi demonstrada definitivamente em experimentos de redução do acetileno e a prova conclusiva obtida em estudos utilizando $^{15}\text{N}_2$ (Bashan; Bashan, 2010; Cassán et al., 2020). No entanto, as evidências coletadas em três décadas de estudo trouxeram resultados controversos. Por um lado, numerosos estudos em casa de vegetação e em campo demonstram a existência da contribuição da FBN. Por outro lado, estudos posteriores demonstraram que a contribuição da fixação de N_2 pelo *Azospirillum* para a planta é geralmente pequena, variando de 5% a 18% do nitrogênio total absorvido pelas plantas, sendo, em muitos casos, a contribuição pode ser inferior a 5% (Bashan; Bashan, 2010; Cassán et al., 2020).

No Simpósio Internacional de Fixação de Nitrogênio, ocorrido em Washington em 1975, Döbereiner já apontava para essas diferenças na FBN nos estudos com *Azospirillum*. Segundo a pesquisadora, embora a FBN em gramíneas via *Azospirillum* estivesse bem demonstrada, os estudos apontavam que a melhor estratégia para aumentar sua eficiência era por meio dos programas de melhoramento vegetal (Baldani et al., 2005). Os estudos realizados na época demonstraram que o genótipo da planta desempenhava um papel importante no processo de FBN, pois diferenças altamente significativas na atividade da nitrogenase foram observadas tanto para milho quanto para o trigo (Baldani et al., 2005).

Azospirillum e estresse hídrico

Um das aplicações agronômicas dessas bactérias envolve a utilização para aumentar tolerância das culturas à seca. Vários mecanismos foram propostos para a tolerância ao estresse hídrico mediado por bactérias promotoras de crescimento de plantas. Isso inclui a atividade fitohormonal, compostos voláteis, alteração na morfologia das raízes, atividade da 1-aminociclopropano-1-carboxilato deaminase (ACC-deaminase), acúmulo de osmólitos, produção de exopolissacarídeos (EPS) e defesa antioxidante (Vurukonda et al., 2016).

Alguns estudos demonstraram aumento da biomassa da planta, alteração da arquitetura da raiz; estímulo da atividade fotossintética e produção de pigmentos fotoprotetores, decréscimo na taxa de perda de água em correlação com o incremento dos níveis de ácido abscísico (ABA), ativação de genes de sinalização ABA-dependentes, além do aumento dos níveis de prolina e teor relativo de água na folha e decréscimo na condutância estomática (Bano et al., 2013; Cohen et al., 2014; Saeed et al., 2016).

Bano et al. (2013) estudaram o efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum lipoferum* em plântulas de duas cultivares de milho sob estresse hídrico e identificaram um aumento da produção de aminoácidos e de biomassa. Cohen et al. (2014) também avaliaram o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* em raízes de *Arabidopsis* in vitro e em vasos e verificaram que houve aumento da biomassa, alteração da arquitetura e do número de raízes, estímulo da produção de pigmentos fotossintéticos e fotoprotetores e diminuição da perda de água em correlação com níveis aumentados de ABA. Em condições de seca, a inoculação melhorou o rendimento de grãos, a sobrevivência das plantas, os níveis de prolina e o teor relativo de água nas folhas; também diminuiu a condutância estomática, o malondialdeído (um importante biomarcador utilizado na avaliação do estresse oxidativo) e o teor relativo de água no solo (Cohen et al., 2014).

Saeed et al. (2016) avaliaram o efeito da inoculação com *Azospirillum lipoferum* sobre o crescimento, parâmetros bioquímicos e de rendimento de grãos de canola. O estresse hídrico foi imposto na fase de floração, por 10 dias. Os autores verificaram mitigação do efeito do estresse em plântulas provenientes de sementes inoculadas com *Azospirillum*, onde houve aumen-

to da área radicular e da rizosfera, do teor de clorofila e do potencial hídrico. A inoculação das sementes foi mais eficaz, pois o número de sementes por vagem e o peso das sementes por planta aumentaram significativamente em relação ao controle. Por fim, concluíram que o *Azospirillum* pode mitigar os efeitos deletérios do estresse hídrico na canola sob deficiência hídrica (Saeed et al., 2016).

Também foram observadas várias respostas de expressão gênica reguladas diferencialmente, especialmente nas raízes, quando as plantas foram colonizadas pela bactéria (Cohen et al., 2014). Em cana de açúcar, foi observado que a inoculação com bactérias promotoras de crescimento induz a preservação do potencial hídrico foliar e do conteúdo relativo de água, estimulando o fechamento de estômatos de forma eficiente, resultando na preservação da água na planta (Aguiar et al., 2015). Estudos de curta duração, em casa de vegetação, para avaliar o efeito de estresse osmótico e salino em trigo, demonstraram que o *Azospirillum brasilense* reverte o impacto do estresse abiótico no desenvolvimento das plântulas (Creus et al., 1997). Kasin et al. (2013) demonstraram que *Azospirillum* influencia na diminuição dos efeitos deletérios do estresse em folhas de trigo, pois atenuam os níveis de transcrição de genes relacionados ao ciclo do ascorbato-glutationa, alterando os mecanismos de homeostase (Kasin et al., 2013).

Azospirillum também melhora as características das plantas que podem ajudar na tolerância de déficit hídrico, como ramificação radicular, aumento da biomassa radicular, aumento da densidade de pelos radiculares, que fomentam a exploração da água no solo (Hungria et al. 2015). Segundo Saharan e Nehra (2011), os incrementos das atividades das raízes das plantas foram respostas à ação dos fitohormônios sintetizados pela BPCP, como o ácido indol-acético (AIA) (Saharan; Nehra, 2011).

Em alguns estudos, verificou-se que, em condições aeróbicas, *A. brasilense* produz quantidades significativas de óxido nítrico, que atua como uma molécula sinalizadora na via metabólica do AIA que, por sua vez, está envolvida no desenvolvimento de raízes adventícias (Creus et al., 2005). A produção de AIA por *Azospirillum* aumentou a tolerância da planta ao estresse hídrico, pois, promoveu o desenvolvimento lateral da raiz na planta hospedeira, resultando no aumento da área de superfície da raiz (Dimpka et al., 2009). Sob deficiência de água, plântulas de milho inoculadas com *Azospirillum*

brasilense apresentaram melhora nos teores relativos e absolutos de água, em comparação com plântulas não inoculadas. A inoculação também evitou uma queda significativa no potencial hídrico, com um aumento concomitante no crescimento da raiz, biomassa aérea total e área foliar, bem como acúmulo de prolina em folhas e raízes em milho, trigo e arroz (Cassán et al., 2001; Casonovas et al., 2002; Creus et al., 2004).

A inoculação com *Azospirillum* pode levar a alterações no conteúdo de fosfolípidios da membrana e alterações no padrão de saturação dos lípidios, consequentemente reduzindo o potencial da membrana. Foi demonstrado que a suscetibilidade à deficiência de água está correlacionada com danos à membrana e composição lipídica. Estudos em trigo, feijão de corda e soja (Bashan et al., 1992; Pereya et al., 2006) sugerem que mudanças mediadas por bactérias na elasticidade das membranas celulares da raiz podem ser um dos primeiros passos para uma maior tolerância à deficiência de água (Dimpka et al., 2009).

Com base no conhecimento gerado até agora, Dimpka et al. (2009) sugerem vários caminhos futuros de abordagens de pesquisa: (1) investigar se os mecanismos subjacentes dos efeitos bacterianos são os mesmos para diferentes situações de estresse; (2) identificar as substâncias fisiologicamente ativas que fornecem proteção contra estresses bióticos e abióticos e, para aqueles metabólitos que já são conhecidos por serem eficazes, elucidar seus modos de ação na fisiologia da planta; e (3) identificar as características genéticas induzidas pela inoculação das bactérias durante os estresses (Dimpka et al., 2009).

Inoculação de *Azospirillum brasilense* em trigo

No Brasil, o grupo da pesquisadora Johanna Döbereiner foi o pioneiro nos estudos envolvendo a associação entre *Azospirillum* spp. e gramíneas e cereais, entre eles o trigo (Baldani; Baldani, 2005). Os primeiros trabalhos datam da década de 1970, após os pesquisadores isolarem estirpes de *Azospirillum* associadas à diversas espécies cultivadas. Os primeiros estudos se concentraram na interação planta-bactéria, para em seguida avaliarem

a aplicação agrícola (efeitos hormonais, assimilação de nitrogênio e FBN) (Baldani; Baldani, 2005).

Os isolados selecionados foram testados em experimentos em campo para avaliar os mais eficientes no incremento do rendimento de grãos, visando a seleção para potenciais formulações de inoculantes comerciais (Baldani et al., 1987). Com isso, este grupo realizou um dos primeiros estudos em campo para avaliar o efeito de *Azospirillum* spp. em trigo. O experimento foi realizado em terras roxas no Paraná em plantios nos anos de 1983 a 1985. A cultivar de trigo Anahuac foi inoculada com diferentes isolados de *A. brasilense* e *A. amazonense* (hoje *Nitrospirillum amazonense*). Os pesquisadores demonstraram a eficiência do isolado Sp245 de *A. brasilense* (hoje *A. baldaniorum*) no aumento da massa seca, do acúmulo de nitrogênio e do rendimento de grãos, em valores absolutos, porém, não encontraram diferenças significativas (Baldani et al., 1987).

Um segundo grupo brasileiro que estudou os efeitos da inoculação de trigo estava localizado na Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Os pesquisadores, liderados por Agostinho Didonet, avaliaram o efeito da inoculação de trigo com as estirpes Sp245 e JA040 e da dose de nitrogênio. O experimento foi realizado em condições de campo e os parâmetros avaliados foram produção de massa seca, acúmulo de N-total e rendimento de grãos da cultivar BR23 (Didonet et al., 1996). A inoculação promoveu maior acúmulo de matéria seca e de N-total, porém não promoveu aumento no rendimento de grãos. Em experimento posterior, também em condições de campo, porém com a cultivar Embrapa 16, o grupo não encontrou efeito da inoculação no rendimento de grãos, no entanto, detectaram aumento da biomassa e maior acúmulo de N nos grãos, resultando em aumento na massa de mil grão (Didonet et al., 2000). Os pesquisadores sugerem que a inconsistência dos resultados pode ser devida à: (1) inadequação do carreador do inoculante, que utilizava a mesma turfa desenvolvida para *Rhizobium*; (2) inadequação da estirpe de *Azospirillum* para inoculação de trigo; (3) ou que a resposta à inoculação seria genótipo-dependente (Didonet, 1998).

Em condições de campo, com tratamentos irrigado e não irrigado, além de inoculado ou não com *Azospirillum baldaniorum* (estirpe Sp245), experimentos realizados na Argentina demonstraram que a cultivar de trigo PRO-Inta Oásis apresentava menor perda em rendimento de grãos devido à seca

(14,1%) quando comparado ao controle não inoculado (26,5%), além de aumento da concentração de Mg, K e Ca nos grãos (Creus et al., 2004). Com base nesses dados, os autores sugerem a inoculação para cultivos em condições de estresse hídrico e para aumento da absorção de nutrientes.

Díaz-Zorita e Fernández-Canigia (2009) avaliaram o rendimento de grãos do trigo inoculado com uma formulação líquida de *Azospirillum brasilense*, estirpe INTA Az-39, em condições de cultivo em sequeiro. O estudo foi realizado nas safras de 2002–2006, avaliando sementes inoculadas e não inoculadas em 297 locais experimentais na região dos Pampas da Argentina. Dos 297 locais estudados, a maioria (89,6%) estava localizada em solo com regime de umidade údico. Nesse estudo a safra de trigo e o solo foram geridos de acordo com as melhores práticas recomendadas localmente para alcançar altos rendimentos. Em 82% dos experimentos locais, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) foi o plantio prévio. Em todos os locais, as variedades de trigo semeadas foram adaptadas regionalmente e recomendadas para ambientes e cultivos de alto rendimento. Os resultados demonstraram que houve diferença significativa entre os tratamentos e o trigo inoculado apresentou maior crescimento vegetativo com acúmulo de matéria seca da parte aérea de 12,9% e de 22,0% na raiz. O trigo também apresentou aumento no número de grãos colhidos em 6,1% e de rendimento em 8,0%. Essas respostas foram encontradas em 70% dos locais avaliados, independente da adubação e dos plantios prévios. Em locais de baixa fertilidade, não verificaram aumento do crescimento nem do rendimento em função da inoculação. Os autores sugerem que a contribuição da inoculação com *Azospirillum brasilense* para uma safra de trigo mais produtiva e eficiente é complementar aos recursos de solo existentes.

Assim, com a inconsistência dos resultados obtidos na resposta de trigo à inoculação por *Azospirillum*, apesar do período longo de estudos, até o final dos anos 2000, ainda não havia a disponibilização de um inoculante comercial visando o incremento do rendimento de grãos no Brasil. Com isso, a Embrapa Soja, em parceria com a Universidade Federal do Paraná, avaliou várias estirpes de *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum*, isoladas de solos no estado do Paraná em rizosfera de milho e trigo, respectivamente. As estirpes Ab-V1, Ab-V2, Ab-V4, Ab-V5, Ab-V6, Ab-V7 e Ab-V8 foram pré-selecionadas da “Coleção de bactérias diazotróficas e bactérias promotoras de crescimen-

to de plantas” da Embrapa Soja, Londrina, PR e apresentaram melhores respostas de crescimento em milho e trigo do que as tradicionais estirpes Sp7 e Sp245 (Hungria et al., 2010; Hungria 2011).

Os experimentos foram realizados em dois locais, Londrina e Ponta Grossa, por dois anos e utilizando dois carregadores (líquido ou turfa). Os resultados do primeiro experimento demonstraram um aumento de 24% a 30% de rendimento de grãos do milho e 13% a 18% de trigo. No experimento seguinte, utilizando a mistura Ab-V5 e Ab-V6 de estirpes de *A. brasilense*, foram obtidos aumentos de rendimento de grãos da ordem de 27% e 31% em milho e trigo, respectivamente (Hungria et al., 2010; Hungria 2011). Nos experimentos com trigo, foram avaliadas as cultivares BR18-Terena e Embrapa-16, em tratamentos inoculados e não inoculados e com ou sem adubação nitrogenada (20 kg ha⁻¹ na semeadura e 50 kg ha⁻¹ em cobertura). Com base nos resultados obtidos, em 2009, a Embrapa Soja, em parceria com a empresa Total Biotecnologia, lançou o primeiro inoculante líquido para trigo e milho com as estirpes de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 (Hungria 2011). Após esse lançamento, houve um incremento nos estudos sobre o efeito da inoculação de trigo com *Azospirillum*, visando o aumento do rendimento de grãos da cultura, com ou sem adubação nitrogenada.

Bazzanezi e colaboradores (2012), avaliaram o efeito da inoculação da cultivar de trigo Quartzo em plantio direto na Fazenda Capão Redondo, Guarapava, PR, na safra de inverno de 2011. Os pesquisadores encontraram um maior rendimento de grãos (2%), porém a diferença não foi significativa. No entanto, houve diferença significativa no peso por hectolitro (PH). Milléo et al. (2012), no Campo Experimental, em Ponta Grossa, no ano agrícola 2009, utilizando a cultivar Supera, verificaram que *Azospirillum brasilense* provavelmente foi responsável pelo aumento da taxa de acúmulo de matéria seca, principalmente na presença de doses de nitrogênio elevadas.

Barbieri et al. (2012) avaliaram o efeito da inoculação e de doses de nitrogênio em cobertura em experimento com trigo irrigado, cultivar IAC 370, em Selvíria, Mato Grosso do Sul. Os autores encontraram diferenças apenas para as doses de nitrogênio, mas não pela inoculação. Houve interação entre dose e inoculação e os autores concluíram que a inoculação não substitui a adubação nitrogenada, mas promove melhor absorção e utilização do N dis-

ponível. Esses dados foram corroborados pela equipe em avaliação realizada no ano seguinte, porém com a cultivar IAC 273 (Barbieri et al., 2013).

Em experimento realizado no campo experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste, em Guarapuava, PR, Mendes et al. (2011) avaliaram o efeito da inoculação e de doses de nitrogênio em diversos parâmetros agronômicos, no rendimento e na qualidade da farinha de trigo, utilizando a cultivar Quartzo. Os autores não encontraram diferenças estatísticas nos parâmetros agronômicos avaliados, nem na qualidade de farinha. No entanto, houve diferença estatística no rendimento de grãos quando associado ao uso de *Azospirillum brasilense*, com e sem a redução na adubação de cobertura com nitrogênio. Com isso, concluíram que a inoculação aumenta a eficiência agronômica principalmente pela redução na adubação de cobertura com nitrogênio. Em experimento safra 2012, o mesmo grupo (Mendes et al., 2013) avaliaram duas dosagens e três métodos de aplicação de *Azospirillum brasilense* (inoculação da semente, tratamento do sulco ou no solo), utilizando a cultivar Mirante. Encontraram diferenças estatísticas em rendimento em todos os métodos de inoculação em relação ao não inoculado, porém não verificaram efeito das doses de *Azospirillum*.

Em 2014, Foloni e Bassoi (2014) publicaram um estudo com experimentos realizados nas fazendas da Embrapa em Ponta Grossa e Londrina, nas safras 2011 e 2012. Nesses experimentos, foram avaliadas cinco cultivares de trigo (BRS 208, BRS220, BRS Tangará, BRS Parrela e BRS Gralha Azul), inoculados com *Azospirillum brasilense* e combinados com diferentes doses de N aplicadas em cobertura no perfilhamento (0, 40 kg e 80 kg de N ha⁻¹). Os pesquisadores verificaram que a inoculação não incrementou o rendimento de grãos de trigo, mesmo nas situações em que os rendimentos foram relativamente baixos, e/ou naquelas em que a lavoura não recebeu adubação nitrogenada, conforme sugeridos em estudos posteriores. Diversos trabalhos sugerem que a inoculação com *Azospirillum* seria eficaz quando as lavouras fossem conduzidas com baixo aporte tecnológico e/ou quando as condições de ambiente não fossem favoráveis a respostas positivas da cultura ao N-mineral (Milléo et al., 2012; Barbieri et al., 2013; Mendes et al., 2013).

Feldman et al. (2018), em experimentos realizados em Eldorado do Sul, RS e Itapiranga, SC, avaliaram parâmetros agronômicos e rendimento de grãos de três cultivares de trigo (Mirante, Quartzo e TBIO Pioneiro), inoculadas ou

não com *Azospirillum brasilense*, combinadas com três doses de nitrogênio (0 kg, 50 kg e 100 kg de N ha⁻¹), em dois anos de experimento (2012 e 2013). Os autores concluíram que a inoculação das sementes de trigo com *A. brasilense* apresentou respostas variáveis no crescimento e no rendimento de grãos de acordo com a cultivar, o ano e o local de condução dos trabalhos. Respostas positivas à inoculação foram mais consistentes na cultivar Mirante, em Eldorado do Sul, RS.

Almeida et al. (2018) realizaram experimentos com trigo sequeiro na fazenda da Embrapa Cerrados, safras 2017 e 2018. Foram testados cinco genótipos, incluindo cultivares indicadas e genótipos promissores para uso na região do Brasil Central (BR 18-Terena, BRS 404, BRS 264 e BRS 394 e linhagem PF 100368). Os autores verificaram uma grande variação entre as respostas dos genótipos e em relação ao ano. Em 2017, houve baixa precipitação durante o período do experimento e, embora alguns genótipos tenham apresentado diferenças entre os tratamentos, essas não foram estatisticamente significativas. Em 2018, a precipitação foi adequada, o rendimento de grãos foi elevado, mas somente a cultivar BRS 404 apresentou diferença estatística para rendimento de grãos quando inoculada com *Azospirillum*. Os autores sugerem que resposta do trigo à inoculação por *Azospirillum* é genótipo e ambiente-dependente.

A Universidade de Santa Maria (Munareto et al., 2019) iniciou projetos com o intuito de avaliar o efeito do tipo de inoculação (semente ou foliar) associada a doses de nitrogênio. Os fatores avaliados foram: três cultivares (BRS Parrudo, TBIO Quartzo e TBIO Sinuelo); três formas de inoculação (aplicação via sementes, aplicação foliar, aplicação via sementes + foliar); e três doses de adubação nitrogenada de cobertura (0 kg kg.ha⁻¹, 70 kg kg.ha⁻¹ e 140 kg de N ha⁻¹). Os experimentos foram realizados em 2014 e 2015 na área experimental da Universidade de Santa Maria, RS. Os resultados demonstraram que a aplicação de *A. brasilense* via foliar, realizada individualmente ou associada ao tratamento de sementes, aumenta a produtividade de grãos e os componentes de produtividade das cultivares avaliadas (Munareto et al., 2019).

Durlo et al. (2020) realizaram dois experimentos na Universidade Federal de Santa Maria. Os autores avaliaram a inoculação de trigo, cultivar Quartzo, com *Azospirillum*, associado ou não com estimulantes ou biofertilizantes, e

modo e época de inoculação. Os autores concluíram que a associação de *A. brasilense* com estimuladores influenciou a produtividade de grãos e incrementou a massa de mil grãos quando inoculados via sementes ou em aplicação foliar. Com isso, eles sugerem a associação da inoculação com biofertilizantes e estimulantes para aumentar o rendimento de trigo, principalmente em condições de estresse (Durlo et al., 2020).

Considerações finais

Em 2009, foi lançado o primeiro inoculante brasileiro a base de uma mistura de estirpes de *Azospirillum brasilense* para trigo e milho. Diante disso, a Comissão Brasileira de Pesquisa em Trigo e Triticale (2020) indica o “uso de inoculante com *Azospirillum brasilense* e/ou outras bactérias associativas promotoras de crescimento de plantas desde que esteja devidamente registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)”. Porém, salientam que a eficiência agronômica dos inoculantes pode variar em função das condições de cultivo do trigo, pois, após mais de 10 anos de pesquisas, os resultados ainda são inconsistentes. Assim sendo, sugere-se aprofundar na compreensão das diferentes respostas à inoculação; buscar estirpes específicas para a cultura do trigo e mais adaptadas ao ambiente de plantio; selecionar genótipos de plantas mais responsivas e iniciar programas de melhoramento para desenvolvimento de cultivares mais responsivas à inoculação e, por fim, avaliar outros métodos de uso da bactéria, como por exemplo a coinoculação com *Rhizobium* e outras bactérias promotoras de crescimento ; ou da associação da inoculação com doses de adubação nitrogenada visando o aumento da eficiência de uso do nitrogênio .

Referências

- AGUIAR, N. O.; MEDICI, L. O.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; TORRES-NETTO, A.; SILVA, S. F.; NOVOTNY, E. H.; CANELLAS, L. P. Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. **Annals of Applied Biology, Biology**, 2015. DOI: doi: 10.1111/aab.12256.
- ALMEIDA, R. R.; ANDRADE, S. R. M. de; REIS JÚNIOR, F. B. dos; ALBRECHT, J. C.; CHAGAS, J. H. Resposta de genótipos de trigo sequeiro à inoculação com *Azospirillum brasilense*. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA CERRADOS: JOVENS TALENTOS, 2018, Planaltina, DF. **Resumos do Encontro de Iniciação Científica da Embrapa Cerrados: Jovens Talentos 2018**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2018. p. 35.
- BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. Inoculation of field-grown wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum* spp. in Brazil. **Biology and Fertility of Soils Journal**, v. 4, p. 37-40, 1987.
- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005.
- BALDANI, V. L. D.; ALVAREZ, M. A. de B.; BALDANI, J. J.; DÖBEREINER, J. Establishment of inoculated *Azospirillum* spp. In the rhizosphere and roots of field grown wheat and sorghum. **Plant and Soil**, v. 90, p. 35-46, 1986.
- BANO, Q.; ILYAS, N.; BANO, A.; ZAFAR, N.; AKRAM, A.; HASSAN, F. U. Effect of *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays* L.) under drought stress. **Pakistan Journal of Botany**, v. 45, S1, p. 13-20, 2013.
- BARBIERI, M. K. F.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, M.; GITTI, D. C. Nitrogênio em cobertura e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em trigo irrigado em sistema de plantio direto. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6., 2012, Londrina. **Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2013**. Londrina: IAPAR, 2013. 220 p.
- BASHAN, Y. Interactions of *Azospirillum* spp. In soils: a review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 29, p. 246-256, 1999.
- BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth: a critical assessment. In: SPARKS, D. L. (ed.). **Advances in agronomy**. San Diego: Elsevier, 2010. p. 77-136. v. 108.
- BASHAN, Y.; ALCARAZ-MENÉNDEZ, L.; TOLEDO, G. Responses of soybean and cowpea root membranes to inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Symbiosis**, v. 13, p. 217-228, 1992.
- 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.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 103-121, 1997.

BAZZANEZI, A. N.; SANDINI, I. E.; PACENTCHUK, F.; NOVAKOWISKI, J. H.; VIDAL, V.; KAMINSKI, T. H. Produtividade de trigo e seus componentes com inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas* spp. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6., 2012, Londrina. **Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2013**. Londrina: IAPAR, 2013. 220 p.

CASANOVAS, E. M.; BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J. *Azospirillum* inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings. **Cereal Research Communications**, v. 30, p. 343-350, 2002.

CASSÁN, F.; CONIGLIO, A.; LÓPEZ, G.; MOLINA, R.; NIEVAS, S.; LE NOIR DE CARLAN, C.; DONADIO, F.; TORRES, D.; ROSAS, S.; OLIVERA PEDROSA, F.; SOUZA, E. de; DÍAZ ZORITA, M.; DE-BASHAN, L.; MORA, V. Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, p. 461-479, 2020.

CASSAN, F.; BOTTINI, R.; SCHNEIDER, G.; PICCOLI, P. *Azospirillum brasilense* and *Azospirillum lipoferum* hydrolyze conjugates of GA (20) and metabolize the resultant aglycones to GA (1) in seedlings of rice dwarf mutants. **Plant Physiology**, v. 125, p. 2053-2058, 2001.

CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* sp in current agriculture: from the laboratory to the field. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 103, p.117-130, 2016.

COHEN, A. C.; BOTTINIA, R.; PONTINA, M.; BERLIA, F. J.; MORENOA, D.; BOCCANLANDROA, H.; TRAVAGLIAC, C. N.; PICCOLIA, P. C. *Azospirillum brasilense* ameliorates the response of *Arabidopsis thaliana* to drought mainly via enhancement of ABA levels. **Physiologia Plantarum**, v. 153, p. 79-90. 2014.

CREUS C. M.; GRAZIANO, M.; CASANOVAS, E. M.; PEREYRA, M. A.; SIMONTACCHI, M.; PUNTARULO, S.; BARASSI, C. A.; LAMATTINA, L. Nitric oxide is involved in the *Azospirillum brasilense*-induced lateral root formation in tomato. **Planta**, v. 221, p. 297-303, 2005.

CREUS, C. M.; SUELDO, R. J.; BARASSI, C. A. Shoot growth and water status in *Azospirillum*-inoculated wheat seedlings grown under osmotic and salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 35, n. 12, p. 939-944, 1997.

CREUS, C. M.; SUELDO, R. J.; BARASSI, C. A. Water relations and yield in *Azospirillum*-inoculated wheat exposed to drought in the field. **Canadian Journal of Botany**, v. 82, p. 273-281, 2004.

DÍAZ-ZORITA, M.; FERNÁNDEZ-CANIGIA, M. V. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 3-11, 2009.

DIDONET, A. D. **Resultados de pesquisa sobre inoculação de trigo, de cevada e de milho com bactérias do gênero *Azospirillum***. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1998. 10 p. (EMBRAPA-CNPT. Pesquisa em andamento, 4).

DIDONET, A. D.; LIMA, O. dos S.; CANDATEN, A. A.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos em trigo, submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 401-411, fev. 2000. Título em inglês: Reallocation of nitrogen and biomass to the seeds in wheat inoculated with *Azospirillum* bacteria.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 645-651, set. 1996.

DIMPKA, C.; WEINAND, T.; ASCH, F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. **Plant, Cell and Environment**, v. 32, p. 1682-1694, 2009.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, p. 107-149, 2003.

DÖBEREINER J.; BALDANI, J. I. Bases científicas para uma agricultura biológica. **Ciência e Cultura**, v. 34, p. 869-881, 1982.

DÖBEREINER, J. Plant genotype effects on nitrogen fixation in grasses. **Basic Life Science**, v. 8, Mar 1-7; p. 325-334. DOI: doi: 10.1007/978-1-4684-2886-5_30.

DURLO, L.; MARTIN, T. N.; SCHONELL, A. T.; BURG, G. M.; COSTA ROSSATTO, A. da; BRUNING, L. A. *Azospirillum brasilense* association with stimulators on wheat crop. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 95, p. 83-94, 2020.

FELDMANN, N. A.; BREDEMEIER, C.; HAHN, L.; MÜHL, F. R. Wheat cultivars submitted to seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen application in different environments. **Científica**, v. 46, p. 95-100, 2018.

FOLONI, J. S. S.; BASSOI, M. C. Cultivares de trigo submetidas à inoculação de sementes com *Azospirillum* e doses de nitrogênio em diferentes condições edafoclimáticas do Paraná. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8.; SEMINÁRIO TÉCNICO DE TRIGO, 9., 2014, Canela. **Desafios para o trigo brasileiro: construindo uma nova identidade: anais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 5 p.

GROVER, M.; ALI, S. K.; SANDHYA, V.; RASUL, A.; VENKATESWARLU, B. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stress. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, p. 1231-1240, 2011.

HARTMANN, A.; BASHAN, Y. Ecology and application of *Azospirillum* and other plant growth-promoting bacteria (PGPB)-Special Issues. **European Journal of soil Biology**, v. 45, p. 1-2, 2009.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811-817, Apr. 2015.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

KASIM, W. A.; OSMAN, M. E.; OMAR, M. N.; ABD EL-DAIM, I. A.; BEJAI, S.; MEIJER, J. Control of drought stress in wheat using plant-growth-promoting bacteria. **Journal of plant growth regulation**, v. 32, p.122-130, 2013.

MENDES, M. C.; RIZZARDI, D. A.; MATCHULA, P. H.; Silva C. A.; KRUPPA, P.; GAVA, E. Doses e modo de aplicação de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7., 2013, Londrina. **Informações técnicas para trigo e triticales - safra 2014**. Londrina: Fundação Meridional, 2014. 235 p.

MENDES, M. C.; ROSARIO, J. G.; FARIA, M. F.; ZOCHE, J. C.; WALTER, A. L. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 95-110, 2011.

MILLÉO, M. V. R.; CORREA, W.; GOLTZ, M. E. Efeito da inoculação de trigo com *Azospirillum brasilense*. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6., 2012, Londrina. **Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2013**. Londrina: IAPAR, 2013. 220 p.

MUNARETO, J. D.; MARTIN, T. N.; FIPKE, G. M.; CUNHA, V. dos S.; ROSA, G. B. da. Nitrogen management alternatives using *Azospirillum brasilense* in wheat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00276, 2019. Título em português: Alternativas do manejo nitrogenado com uso de *Azospirillum brasilense* em trigo.

PEREYRA, M. A.; ZALAZAR, C. A.; BARASSI, C. A. Root phospholipids in *Azospirillum*-inoculated wheat seedlings exposed to water stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 44, p. 873-879, 2006.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 232).

REIS, V. M.; PEDRAZA, R. O.; TEIXEIRA, K. R. dos S. **O gênero *Azospirillum*: diversidade e relação filogenética das espécies**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 273).

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 13., 2020, Passo Fundo, RS. **Informações Técnicas para trigo e triticale: safra 2020**. Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2020.

SAEED, M.; NOSHIN, I.; ABIDA, A.; NAVEED, R.; ROOMINA, M.; FATIMA, B.; NAZIMA, B. Effect of drought stress on Brassica crops and its mitigation by inoculation of PGPR. **International Journal of Biosciences**, v. 9, p. 282-291, 2016.

SAHARAN, B.; NEHRA, V. Assessment of plant growth promoting attributes of cotton (*Gossypium hirsutum*) rhizosphere isolates and their potential as bio-inoculants. **Journal of Environmental Research and Development**, v. 5, p. 575-583, 2011.

TARRAND, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 24, p. 967-980, 1978.

VURUKONDA, S. S. K. P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v. 184, p. 13-24, 2016.

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

