



**Rendimento e desempenho agrônômico da cultura do trigo em manejo com *Azospirillum brasilense***

***Yield and agronomic performance of wheat in management with *Azospirillum brasilense****

**Gleberosn Guillen Piccinin<sup>1</sup>, Alessandro Lucca Braccini<sup>1</sup>, Lilian Gomes de Moraes Dan<sup>1</sup>, Gabriel Loli Bazo<sup>1</sup>, Keila Regina Hossa<sup>1</sup>, Raissa Marrafon Ponce<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá (UEM), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, PGA/UEM, Av. Colombo, n° 5790, Bloco J45 - 2° Piso, CEP - 87020-900, Maringá, PR, Brasil.  
E-mail: guillen.piccinin@hotmail.com

Recebido em: 10/08/2012

Aceito em: 25/09/2013

**Resumo.** A inoculação das sementes com bactérias do gênero *Azospirillum* ssp. tem sido realizada em várias gramíneas com resultados pouco difundidos na triticultura nacional. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica da inoculação de sementes *Azospirillum brasilense* nos componentes de rendimento da cultura do trigo. Neste contexto, foram conduzidos dois ensaios a campo em dois locais distintos (Maringá e Alto Piquiri). Os tratamentos foram constituídos por três doses de nitrogênio (0, 50 e 100 Kg ha<sup>-1</sup>) na ausência do inoculante e na presença de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N + três doses do inoculante (100, 150 e 200 mL 50 kg<sup>-1</sup> de sementes) na formulação líquida Ab-V5 e Ab-V6, respectivamente. Foi utilizado delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste L.S.D, aos 5% de probabilidade. Avaliaram-se as características agrônômicas: número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga, número de espigas m<sup>-2</sup>, massa de 1.000 grãos, peso hectolítrico, bem como o rendimento. Pelos resultados obtidos, infere-se que a aplicação de meia dose de nitrogênio associada à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* promoveu resultados positivos no desempenho agrônômico e na produtividade da cultura do trigo.

**Palavras-chave.** Bactérias diazotróficas, inoculação, nitrogênio, *Triticum aestivum* L.

**Abstract.** The seed inoculation with bacteria of the genus *Azospirillum* ssp. has been performed in several grasses with little results broadcast on national wheat production. Given the above, the purpose of this study was to evaluate the agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* seed inoculation on the yield components of wheat. Thus, we conducted two field tests at two locations (Maringá and Alto Piquiri). The treatments consisted of three nitrogen rates (0, 50 and 100 kg ha<sup>-1</sup>) in the absence of the inoculant and the presence of 50 kg N ha<sup>-1</sup> + three doses of the inoculant (100, 150 and 200 ml 50 kg<sup>-1</sup> seed) in liquid formulation Ab- V5 and Ab-V6, respectively. The experimental design was randomized blocks with six treatments and four replications. The data were submitted to ANOVA and means compared by L.S.D test at 5% probability. Agronomic characteristics: number of spikelets per ear, number of grains per ear, number of ear m<sup>-2</sup>, thousand grains mass, hectoliter weight and yield were evaluated. From the results it appears that the application of half dose of nitrogen associated with seed inoculation with *Azospirillum brasilense* promoted positive results on the agronomic performance and yield of wheat.

**Keywords.** Diazotrophic bacteria, inoculation, nitrogen, *Triticum aestivum* L.

### **Introdução**

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) é de fundamental importância no sistema de produção agrícola do centro-sul do Brasil, por se tratar de uma opção economicamente viável para a adoção de um sistema de rotação de culturas.

Na safra nacional de 2011/2012, a cultura do trigo obteve excelente desempenho, atingindo

produtividade média de 2.672 kg ha<sup>-1</sup>. Isso possibilitou uma produção de 5,7 milhões de toneladas, impulsionada por seus maiores produtores, os Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul (Conab, 2012).

Novas tecnologias devem ser empregadas visando incremento na produção da triticultura nacional. Dentre as inovações tecnológicas



desenvolvidas para a cultura do trigo nos últimos anos, a fim de se diminuir o custo de produção e aumentar o rendimento de grãos, pode-se citar aumento do peso hectolitro, por meio de cultivares melhoradas, resistência ao acamamento, menor germinação na espiga, utilização de diferentes formas de adubação, inoculação das sementes, entre outras práticas (Fornasieri Filho, 2008).

Atualmente, é crescente a preocupação do uso de fertilizantes nitrogenados, em função da poluição dos recursos hídricos e da atmosfera, em virtude do mesmo estar sujeito a perdas por erosão, lixiviação, volatilização e desnitrificação (Cardoso et al., 2011).

O nitrogênio é considerado um dos principais elementos limitadores de rendimento (Da Ros et al., 2003) e tem com única forma de armazenamento no solo a matéria orgânica. Segundo Moreira & Siqueira (2002), menos da metade do nitrogênio aplicado no solo é absorvido pelas culturas, o restante é imobilizado ou perdido por volatilização ou lixiviação.

A deficiência desse nutriente afeta principalmente as folhas mais velhas, as plantas ficam débeis, suas folhas com o limbo reduzido apresenta coloração verde-amarelada e há redução do perfilhamento (Mundstock et al., 2002). No entanto, o excesso de N pode ter efeito negativo sobre as plantas, resultante de um desequilíbrio ou falta de balanço entre a quantidade de N disponível em relação aos outros elementos nutritivos (Lara Cabezas et al., 2000).

Outro importante processo dirigido pela microbiota do solo é a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN). Moreira & Siqueira (2002) afirma que a fixação do N<sub>2</sub> atmosférico pela microbiota é a principal via de adição de N no sistema solo-planta, contribuindo com cerca de duas vezes mais do que é aplicado via fertilização mineral. As quantidades fixadas pelo *Azospirillum* ssp. em gramíneas são menores do que comparadas com as leguminosas, no entanto, esta fonte de nitrogênio é importante no âmbito depender cada vez menos de fertilizantes nitrogenados (Pugnaire & Valladares, 2007).

As gramíneas, como o trigo, por não realizarem a fixação biológica de nitrogênio, a exemplo das leguminosas, precisam obter praticamente todo o seu N do solo e dos fertilizantes. Nesse sentido, é necessário estabelecer a relação entre o N disponível e o aplicado com o rendimento do trigo (Espindula et al., 2010).

O grande interesse na fixação biológica em gramíneas é devido à maior facilidade de

aproveitamento de água das mesmas, em relação às leguminosas, pela maior efetividade fotossintética e por serem cereais utilizados como alimento pelo homem. As gramíneas apresentam sistema radicular fasciculado, tendo vantagens sobre o sistema pivotante das leguminosas para extrair água e nutrientes do solo (Fornasieri Filho 2008). Por isso, mesmo que apenas uma parte do nitrogênio fosse fornecida pela associação com bactérias fixadoras, a economia em adubos nitrogenados seria igual ou superior àquela verificada com as leguminosas que podem ser auto-suficientes em nitrogênio (Döbereiner et al., 1995).

Por outro lado, Gitti et al. (2012) trabalhando com a inoculação de *Azospirillum brasilense* nas sementes de diferentes genótipos de feijão não obtiveram respostas significativas no desenvolvimento de plantas, nos componentes de produção e na produtividade de grãos.

Nos últimos 20 anos foram feitas descobertas sobre o potencial das bactérias diazotróficas microaeróbias, do gênero *Azospirillum* ssp., fixadoras de nitrogênio atmosférico, quando em vida livre (Boddey & Döbereiner, 1995), as quais, quando associadas à rizosfera das plantas, podem contribuir com a nutrição nitrogenada dessas plantas, tornando-se alvo de estudo. Assim, o manejo correto dessa possível associação *Azospirillum brasilense* com a cultura do trigo poderá resultar em incrementos de produtividade e em diminuição dos custos de produção, principalmente da aquisição de fertilizantes nitrogenados.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica da inoculação *Azospirillum brasilense* nos componentes de rendimento da cultura do trigo.

## Material e Métodos

O ensaio 1 foi instalado na área localizada na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no Município de Maringá, região noroeste do Estado do Paraná, situada a uma latitude de 23°25' sul e longitude de 51°57' a oeste de Greenwich, com altitude média de 540 m. O ensaio 2 foi instalado na área localizada na Fazenda Estrela (FE), no Município de Alto Piquiri, região noroeste do Estado do Paraná, situada a uma latitude de 23°59' sul e longitude de 53°29' a oeste de Greenwich, com altitude média de 350 m.

O delineamento experimental adotado foi em blocos completos com tratamentos casualizados,



com quatro repetições, com interesse nos tratamentos independentes. Os tratamentos (Tabela 1) consistiram na utilização da adubação com nitrogênio (0, 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup>) distribuídos 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura, associado à

inoculação das sementes com bactérias da espécie *Azospirillum brasilense*, na formulação líquida Ab-V5 e Ab-V6 em diferentes doses (100, 150 e 200 mL 50 Kg<sup>-1</sup> de semente de trigo).

**Tabela 1.** Esquema dos tratamentos de inoculação das sementes de trigo da cultivar Quartzos.

Nº	Tratamentos
1	Testemunha absoluta
2	100 kg ha <sup>-1</sup> N
3	50 kg ha <sup>-1</sup> N
4	50 kg ha <sup>-1</sup> N + 100 mL 50 kg <sup>-1</sup> de sementes de <i>Azospirillum</i> spp. <sup>1</sup>
5	50 kg ha <sup>-1</sup> N + 150 mL 50 kg <sup>-1</sup> de sementes de <i>Azospirillum</i> spp. <sup>1</sup>
6	50 kg ha <sup>-1</sup> N + 200 mL 50 kg <sup>-1</sup> de sementes de <i>Azospirillum</i> spp. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Inoculante comercial devidamente registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Concentração mínima: 2 x 10<sup>8</sup> Unidade Formadora de Colônias/mL (UFC mL<sup>-1</sup>). Densidade: 1 g mL<sup>-1</sup>. Aditivo: Polioliol, Ácido Carboxílico, Estabilizante/Conservante e Tensoativo.

O clima predominante na região (Maringá e Alto Piquiri) é do tipo Cfa, mesotérmico úmido, com chuvas abundantes no verão e inverno seco com verões quentes, segundo classificação de Köppen (IAPAR, 1987). O solo da área experimental do ensaio 1 é classificado como

Argissolo Vermelho distroférrico e do ensaio 2 Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Embrapa, 2006). Os resultados da análise química (macro e micronutrientes) e física do solo realizada em 2011 encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultados da análise química e física do solo da área experimental, antes da implantação da cultura do trigo.

MARINGÁ – PR												
Profundidade	<sup>1</sup> P	<sup>2</sup> pH		H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	<sup>1</sup> K <sup>1</sup>	<sup>3</sup> Ca	<sup>3</sup> Mg	SB	CTC	V	<sup>4</sup> C
Cm	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%		g dm <sup>-3</sup>	
	7,9	4,7	5,6	3,42	0,0	0,36	2,68	0,99	4,03	7,45	54,09	9,12
0 – 20	<sup>5</sup> S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Zn	Fe	Cu	Mn	Areia grossa	Areia fina	Argila	Silte			
	mg dm <sup>-3</sup>			%								
	3,22	3,44	109,50	10,06	141,79	51	16	28	05			
ALTO PIQUIRI – PR												
Profundidade	<sup>1</sup> P	<sup>2</sup> pH		H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	<sup>1</sup> K <sup>1</sup>	<sup>3</sup> Ca	<sup>3</sup> Mg	SB	CTC	V	<sup>4</sup> C
Cm	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%		g dm <sup>-3</sup>	
	39,2	5,6	6,4	2,36	0,0	0,15	2,38	0,96	3,49	5,85	59,65	8,74
0 – 20	<sup>5</sup> S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Zn	Fe	Cu	Mn	Areia grossa	Areia fina	Argila	Silte			
	mg dm <sup>-3</sup>			%								
	5,67	3,52	210,78	1,56	51,88	42	43	13	02			

<sup>1</sup> - Extrator Mehlich 1; <sup>2</sup> - CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> - KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>4</sup> - Método Walkley-Black; <sup>5</sup> - Método Fósforo Monocálcico.

A contagem de microrganismos diazotróficos para determinação da população de bactérias em n° de células por grama de solo, foi realizada através da estimativa do Número Mais Provável (N.M.P) usando a tabela de MacCrady em meio semi-sólido NFB (*Azospirillum* spp) de acordo com metodologia descrita por Döbereiner et al. (1995).

Para a implantação dos experimentos, as áreas foram dessecadas com 3,0 kg ha<sup>-1</sup> do herbicida Roundup WG® (Glifosato) e, posteriormente, aplicado 1 L ha<sup>-1</sup> de Aminol 806® (2,4-D-Dimetilamina). As adubações de semeadura (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) foram realizadas com base na análise de solo e seguindo as Informações



Técnicas para Trigo e Triticale (2010), com expectativa de produzir 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. A aplicação de nitrogênio foi fracionada em 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura no início do perfilhamento, seguindo as recomendações Embrapa Trigo (2008) e IAPAR (2004).

A cultivar Quartzo foi escolhida por apresentar elevado potencial de rendimento e tolerância a chuvas na pré-colheita. As características agrônômicas da cultivar Quartzo são: Ciclo médio para região Noroeste do Paraná, dias até a floração 78, peso de mil sementes 35g, habito de crescimento semi-ereto, altura de planta 85cm, moderadamente resistente ao acamamento, moderadamente resistente a: brusone, oídio, ferrugem das folhas, VNAC e manchas foliares (Or Sementes, 2012).

Por ocasião do tratamento de sementes com o inoculante líquido, foram utilizadas as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 na concentração mínima de (2x10<sup>8</sup> células viáveis por mL), veiculado misturado às sementes a fim de proporcionar o total recobrimento e, posteriormente, realizou-se a semeadura.

A semeadura foi realizada no dia 28/04/2011 (ensaio 1) e 29/04/2011 (ensaio 2), sob sistema de semeadura direta semeando a cultivar quartzo com densidade de 60 a 80 sementes viáveis por metro linear. As unidades experimentais foram constituídas por 15 linhas de 5,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,15 m entre linhas, considerando-se como área útil 6 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades (3,6 m<sup>2</sup>).

Para proporcionar boas condições de crescimento e de desenvolvimento das plantas, foram realizadas capinas manuais e aplicações do herbicida Ally<sup>®</sup> (Metsulfurom-Metílico) para o controle das plantas infestantes, bem como o controle de pragas e de doenças foi realizado respeitando o nível de dano econômico para um manejo integrado e racional, com aplicação de Macht EC<sup>®</sup> (Lufenurum) a 100 mL ha<sup>-1</sup>, Engeo Pleno<sup>®</sup> (Lambd-Acialotrina + Tiametoxam) a 70 mL ha<sup>-1</sup>, Tamaron BR<sup>®</sup> (Metamidofós) a 600 mL ha<sup>-1</sup> para o controle de lagartas, pulgões e percevejos; para o controle de oídio, ferrugem do colmo e da folha, giberela e brusone do trigo, realizou-se a aplicação de Opera<sup>®</sup> (Epoconazol + Piraclostrobina) a 750 mL ha<sup>-1</sup> e Priori Xtra<sup>®</sup> (Azoxistrobina + Ciproconazol) a 300 mL ha<sup>-1</sup>.

Após a maturação fisiológica, realizou-se a contagem das espigas por metro quadrado por parcela com 4 repetições por parcela. Para avaliar o

número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga foram coletadas 10 espigas na área útil das parcelas, respeitando as seis linhas centrais e foram acondicionadas em sacos de papel Kraft, devidamente etiquetadas e, posteriormente, submetidas à contagem no Laboratório de Tecnologia de Sementes NUPAGRI.

Ao final do ciclo da cultura, as parcelas foram colhidas manualmente e debulhadas em máquina trilhadeira estacionária, limpas com o auxílio de peneiras e selecionador de impurezas digital, secadas em condições naturais e acondicionadas em sacos de papel Kraft multifoliado.

A partir da massa de grãos obtida na área útil da parcela obteve-se o rendimento de cada parcela, que foi pesada em balança analítica, determinando-se o grau de umidade das sementes por meio do método de estufa a 105°C ± 3°C, durante 24 horas, utilizando-se duas subamostras de 5,0 g de sementes para cada parcela (BRASIL, 2009). A umidade das sementes foi corrigida para 13% e, posteriormente, calculou-se o rendimento expresso em kg ha<sup>-1</sup>.

A massa de mil grãos foi determinada pela pesagem de 8 subamostras de 100 sementes para cada repetição de campo, com auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama. Para todas as parcelas o coeficiente de variação foi inferior a quatro, multiplicaram-se os resultados por 10 (BRASIL, 2009).

O peso hectolétrico das sementes foi determinado pela pesagem em balança eletrônica com volume conhecido (225 mL) utilizando duas repetições por parcela, obtida no aparelho Dalle Molle<sup>®</sup> e os resultados foram expressos em kg hL<sup>-1</sup> (BRASIL, 2009).

Os resultados coletados foram submetidos à análise de variância e, quando o teste "F" foi significativo à 5% de probabilidade, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste L.S.D (Banzatto; Kronka, 2008), sem interesse nos valores intermediários das doses de nitrogênio e inoculantes.

## **Resultados e Discussão**

Em relação ao número mais provável (N.M.P) de bactérias diazotróficas endofíticas presentes no solo da área experimental ensaio 1 e 2, verificou-se na seguinte contagem: 6,0 x 10<sup>6</sup> e 5,0 x 10<sup>5</sup> N.M.P g<sup>-1</sup> de solo, respectivamente.

Na Tabela 3 estão apresentados os dados referentes ao desempenho agrônômico e o componente do rendimento da cultivar de trigo Quartzo no município de Maringá, Estado do



Paraná, ensaio 1. Por meio dos resultados da análise de variância, verificou-se efeito não significativo ( $p > 0,05$ ) para as variáveis número de espigas  $m^{-2}$  e massa de 1.000 grãos. Para as variáveis número de espiguetas espiga<sup>-1</sup> e número de grãos espiga<sup>-1</sup>, a dose de 200 mL do inoculante conjugado com meia dose de nitrogênio (tratamento 6) apresentou as maiores médias, quando comparado com os demais tratamentos. Este incremento pode estar associado ao efeito que as bactérias promovem no crescimento radicular das plantas, ocasionado pela indução de substâncias promotoras de crescimento como auxina e citocinina (Okon & Labandera-Gonzalez, 1994).

Os resultados reforçam o fato que a inoculação com *Azospirillum brasilense* deve estar sempre associada à adubação nitrogenada, o que pode favorecer as características agrônômicas da cultura do trigo, contribuindo com aportes adicionais no rendimento. Segundo Coelho (2006) o nitrogênio é fundamental para a síntese de proteínas, enzimas, co-enzimas, ácidos nucleicos e fitocromos, que são integrantes da molécula de clorofila. No entanto, com aportes adicionais de nitrogênio assume grande importância na fotossíntese devido do aumento substancial pigmentos responsáveis de captar a energia solar por meio das antenas dos

tilacóide proporcionando o processo de carboxilação (Taiz; Zeiger, 2004).

A presença de diferenças significativas no rendimento para cultivar Quartzo, pode ser explicada mais uma vez, pela eficiência do inoculante testado no manejo da aplicação de meia dose de nitrogênio. Ficou evidente que dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N conjugada com a inoculação das sementes (tratamento 6) quando comparado com o tratamento (tratamento 3), o rendimento médio foi de 2.512kg ha<sup>-1</sup>, com incremento de 559 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados comprovam a hipótese de que as bactérias diazotróficas são eficazes na fixação do nitrogênio atmosférico, quando a inoculação das sementes é realizada de maneira adequada e racional. Podendo assim diminuir a aplicação de adubo nitrogenado na cultura do trigo em 50%, levando a economia de insumos e mão de obra na aplicação.

Avaliando os resultados obtidos, nota-se que o componente que mais influenciou ( $p < 0,05$ ) no aumento do rendimento médio de grãos do trigo da cultivar Quartzo foi o peso hectolítrico. Variável importante no momento de comercialização do cereal, pois o peso hectolítrico acima de 78 agrega maior valor no momento da comercialização.

**Tabela 3.** Resultados do número de espiguetas por espiga (N.E.E), número de grãos por espiga (N.G.E), número de espigas  $m^{-2}$  (N.E), massa de 1.000 grãos (M.G), peso hectolítrico (P.H) e rendimento (REND.) da cultivar Quartzo.

Trat.	N.E.E	N.G.E	N.E ( $m^{-2}$ )	M.G (g)	P.H (kg hL <sup>-1</sup> )	REND. (kg ha <sup>-1</sup> )
1	11,75 B	23,75 B	503,33 A	28,25 A	75,00 C	1.445,00 C
2	13,00 B	27,50 B	550,00 A	32,00 A	79,25 AB	2.383,00 A
3	12,50 B	26,25 B	531,66 A	30,75 A	78,75 AB	1.953,00 B
4	13,00 B	27,75 B	573,33 A	28,50 A	78,25 B	2.347,00 AB
5	12,50 B	24,25 B	579,99 A	29,50 A	79,00 AB	2.297,00 AB
6	15,75 A	36,00 A	551,66 A	30,00 A	79,50 A	2.512,00 A
C.V (%)	8,06	16,42	9,84	9,11	0,98	12,29

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste L.S.D à 5% de probabilidade.

Observa-se, novamente, que os menores resultados de rendimento de grãos do trigo, em ordem decrescente, foram obtidos com a aplicação isolada de ½ dose de N (tratamento 3), seguido pela testemunha absoluta (tratamento 1), os quais diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais tratamentos. Os resultados supracitados corroboram com Zorita et al. (2008) e Piccinin et al. (2011), que após inocular *Azospirillum brasilense* nas sementes

de trigo, obtiveram incrementos expressivos no rendimento. Assim como Hungria (2011) observou aumento médio de 26% no rendimento de milho e de 31% para trigo. Segundo Dotto et al. (2010) a cultura do milho respondeu positivamente com à inoculação com *Azospirillum ssp.* proporcionando aumento de 8,6% na produção de grãos.

As plantas cultivadas sob inoculação das sementes com *Azospirillum ssp* aumentam



significativamente o rendimento, especialmente quando o fornecimento de nitrogênio é limitado.

Os resultados referentes ao desempenho agrônomico e componentes do rendimento da cultivar de trigo Quartzo no município de Alto Piquiri, Estado do Paraná, ensaio 2, encontram-se apresentados na Tabela 4. Observa-se que houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis, exceto para massa de 1.000 grãos (Tabela 5).

Quanto às variáveis número de espiguetas espiga<sup>-1</sup> e número de grãos espiga<sup>-1</sup>, observa-se novamente que o tratamento 7 (½ dose de N + 200 mL 50 kg<sup>-1</sup> de sementes de *Azospirillum* spp.) apresentou superioridade em relação aos demais, concordando com os dados obtidos na (Tabela 3). Esses resultados reforçam a hipótese de que a inoculação das sementes, associada à metade da dose de N recomendada, é prática viável em aumentar os componentes do rendimento do trigo e, por conseguinte, a produtividade da cultura. Provavelmente, este acréscimo pode estar diretamente relacionado à produção de substâncias como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno pelas plantas inoculadas com *Azospirillum*

*brasiliense* (Cassán et al., 2008) minimizando o abortamento das flores.

De acordo com Bashan et al. (2004), os fitormônios, principalmente o ácido indolacético (AIA) excretado por *Azospirillum* ssp. desempenham papel essencial na promoção do crescimento das plantas inoculadas em geral.

Para o rendimento de grãos, verificou-se que a testemunha (tratamento 1) obteve produtividade inferior ( $p < 0,05$ ) a todos os demais tratamentos. Da mesma forma, a adubação nitrogenada isolada com 50% da dose recomendada para a cultura (tratamento 3) foi suficiente em suprir a demanda das plantas de trigo, apresentando desempenho produtivo satisfatório.

Entretanto, foi possível constatar que, quando se utilizou a metade da dose de nitrogênio, associado à inoculação das sementes com bactérias de *Azospirillum brasiliense*, (tratamentos 4, 5 e 6), o rendimento de grãos do trigo foi inferior ao tratamento com dose cheia de nitrogênio (Tratamento 2). Com isso, ressalta-se a importância de realizar a inoculação das sementes com *Azospirillum brasiliense* com menores doses de nitrogênio (50% da necessidade da cultura), no sentido de obter maiores produtividades.

**Tabela 4.** Resultados do número de espiguetas por espiga (N.E.E), número de grãos por espiga (N.G.E), número de espigas m<sup>-2</sup> (N.E), massa de 1.000 grãos (P.G), peso hectolítrico (P.H) e rendimento (REND.) da cultivar Quartzo.

Trat.	N.E.E	N.G.E	N.E (m <sup>-2</sup> )	M.G (g)	P.H (kg hL <sup>-1</sup> )	REND. (kg ha <sup>-1</sup> )
1	11,00 C	19,50 C	487,33 B	27,00 A	75,25 B	1.890,00 C
2	12,75 B	25,00 B	582,50 A	31,00 A	79,00 A	2.720,00 A
3	12,50 BC	22,25 BC	517,66 B	28,00 A	79,00 A	2.143,00 B
4	12,50 BC	24,00 BC	588,99 A	28,50 A	79,25 A	2.238,00 B
5	11,75 BC	23,25 BC	589,99 A	31,00 A	79,25 A	2.281,00 B
6	14,75 A	36,75 A	603,91 A	30,50 <sup>a</sup>	79,25 A	2.294,00 B
C.V (%)	8,92	14,31	4,18	10,49	0,97	5,81

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste L.S.D à 5% de probabilidade.

Zorita et al. (2008) após avaliar a eficiência de *Azospirillum brasiliense* nas sementes de trigo, reportam que as plantas inoculadas apresentaram crescimento mais vigoroso com maior expansão da área radicular e maior acúmulo de matéria seca (12,9 e 22%, respectivamente). A inoculação também aumentou o número de grãos colhidos e o rendimento em 6,1 e 8,0%, respectivamente. Com isso, comprovam a hipótese de que as estirpes Ab-

V5 e Ab-V6 são eficazes disponibilizando aportes de nitrogênio para a cultura.

Segundo Lambers et al. (2008), gramíneas, em especial o trigo, excretam moléculas orgânicas como ácidos dicarboxílicos, que proporcionam aportes na disponibilidade do nitrogênio, promovido pela fixação biológica do nitrogênio.

De acordo com Dobbelaere et al. (1995), para milho e Santa et al. (2008), para trigo, o incremento



no rendimento está diretamente ligado à contribuição da FBN pela associação de bactérias do gênero *Azospirillum* ssp. associado a doses de N. Assim como Zagonel et al. (2002), Heinemann et al. (2006) também verificaram efeito positivo das doses de N no rendimento de sementes de trigo.

Braccini et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes para a cultura do milho, constatando que a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* na formula líquida promoveu aumento na altura de plantas e no rendimento de grãos, em comparação com o tratamento controle. Com isso, comprovam a hipótese, que a inoculação as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense* torna-se um manejo eficiente para a cultura do trigo no sentido diminuir a utilização de fertilizantes nitrogenados contribuindo para melhoria do ambiente, podendo diminuir a aplicação de adubo nitrogenado na cultura do trigo em 50%, levando a economia de insumos e mão de obra na aplicação.

### Conclusões

O manejo de inoculação das sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* pode assegurar redução nos custos de produção com incremento no rendimento da cultura.

A aplicação de meia dose de nitrogênio associada a 200 mL 50 kg<sup>-1</sup> de sementes do inoculante, em condições edafoclimáticas distintas, propicia resultados positivos no desempenho agrônomo da cultura do trigo.

### Agradecimentos

A CAPES e a Fundação Araucária pela bolsa estudos e financiamento do projeto.

### Referências

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 237p.

BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J.J.; LEYVA, L.A.; HERNANDEZ, J.P.; BACILIO, M. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, v.42, n.4, p.279-285, 2006.

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, n.8, p.521-577, 2004.

BODDEY, R.M.; DÖBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent progress and perspectives for the future. **Fertilizer Research**, v.42, n.1-3, p.241-250, 1995.

BRACCINI, A L.; DAN, L.G.M.; PICCININ, G.G.; ALBRECHT, L.P.; BARBOSA, M.C.; ORTIZ, A.H.T. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CARDOSO, S.M.; SORATTO, R.P.; SILVA, A.H.; MENDONÇA, C.G. Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.6, n.1, p.23-28, 2011.

CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Buenos Aires: **Asociación Argentina de Microbiología**, p.87-95, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, segundo levantamento**. Safra 2011/2012.

DA ROS, C.O.; SALET, L.S.; PORN, R.L.; MACHADO, J.N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.799-804, 2003.

DOBBELAERE, S.; LEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 107-149, 2003.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas. Brasília, **Embrapa-SPI**; Itaguaí, RJ, Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia, 1995.

DOTTO, A.P.; LANA, M.C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J.F. Produtividade do milho em



- resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, n.3, p.376-382, 2010.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006.
- EMBRAPA TRIGO. Informações técnicas para a safra 2009: trigo e triticale /organizado por José Roberto Salvadori ... [et al.]. – Passo Fundo: **Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**; Embrapa Trigo; Embrapa Transferência de Tecnologia, 2008. 172p.
- ESPINDULA, N.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, M.A.; GROSSI, J.A.S.; SOUZA, L.T. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**. v.34, n.6,2010.
- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 338p.
- GITTI, D.C.; ARF, O.; KANEKO, F.H.; RODRIGUES, F.R.A.; BUZZETTI, S.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Revista Agrarian**, v.5, n.15, p.36-46, 2012.
- HEINEMANN, A.B.; STONE, L.F.; DIDONET, A.D.; TRINDADE, M.G.; SOARES, B.B.; MOREIRA, J.A.A.; CÁNOVAS, A.D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.352-356, 2006.
- HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: **Embrapa Soja**, 2011. 36p.
- IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1987. 35p.
- IAPAR. **Informações técnicas para a cultura do trigo no Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2004. 218 p. (IAPAR. Documento, 01).
- LAMBERS, H.; CHAPLIM, F.S.; PONS, T.L. *Plant Physiological Ecology*. 2. Ed. Springer Science: **New York**, 2008, p. 623.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNODÔRF, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 363-376, 2000.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.
- MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. Dinâmica do afilamento afetada pela disponibilidade de nitrogênio e sua influência na produção de espigas e grãos em trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 62, p.141-149, 2002.
- OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C.A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p.1591-1601, 1994.
- OR SEMENTES. Cultivar Quartzos, 2012. Or Melhoramento de Sementes Ltda. Disponível em: <<http://www.orsementes.com.br/?cultivares=quartzos>>, Acesso em: 03/Jul/2013.
- PICCININ, G.G.; DAN, L.G.M.; BRACCINI, A.L.; MARIANO, D.C.; OKUMURA, R.S.; BAZO, G.L.; RICCI, T.T. Agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* in physiological parameters and yield components in wheat crop. **Journal of Agronomy**, v.10, n.4, p.132-135, 2011.
- PUGNAIRE, F.; VALLADARES, F. **Functional Plant Ecology**. 2. Ed. Taylor & Francis Group, 2007. 748 p.
- SANTA, O.R.D.; SANTA, H.S.D.; FERNÁNDEZ, R.; MICHELA, G.; RONZELLI, P.; SOCCOL, C.R. Influência da inoculação de *Azospirillum sp.* em trigo, cevada e aveia. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.4, n.2, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 613 p.





**Revista Agrarian**

ISSN: 1984-2538

ZORITA, M.D.; CANIGGIA, M.V.G. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. **European Journal of Soil Biology**, p.1010-1016, 2008.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v. 32, p. 25-29, 2002.