



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## RESPOSTA DO MILHO À INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM SOLO DE ALTO POTENCIAL PRODUTIVO NO CERRADO

**Otávio Prates da Conceição**<sup>(1)</sup>; **Álvaro Vilela de Resende**<sup>(2)</sup>; **Ivanildo Evodio Marriel**<sup>(2)</sup>, **Antonio Eduardo Furtini Neto**<sup>(3)</sup>, **Raquel Oliveira Batista**<sup>(4)</sup>, **Roney Mendes Gott**<sup>(5)</sup>, **Clerio Hickmann**<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal de São João Del Rei/Sete Lagoas-MG; bolsista PIBIT-CNPq, Embrapa Milho e Sorgo; otavio\_pc@yahoo.com; <sup>(2)</sup> Dr. Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, MG 424 Km 45, Sete Lagoas-MG; <sup>(3)</sup> Dr. Professor, Universidade Federal de Lavras; <sup>(4)</sup> MSc. Bolsista DTI-CNPq, Embrapa Milho e Sorgo; <sup>(5)</sup> Agrônomo, Doutorando em Ciências do Solo na UFLA.

**RESUMO:** A inoculação de bactérias diazotróficas pode ser uma alternativa para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados no cultivo de milho. Com o objetivo de avaliar o efeito da inoculação de estirpes bacterianas fixadoras de nitrogênio, foi realizado um experimento em condições de campo com milho em rotação à soja, na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, constituído por seis tratamentos e quatro repetições. Foram empregados dois inoculantes (inoculante comercial à base de *Azospirillum brasilense* e inoculante à base de *Azospirillum* sp. da coleção de microrganismos da Embrapa Milho e Sorgo) combinados com a aplicação ou não de 83 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, mais um tratamento sem inoculação e sem N em cobertura e outro de adubação tradicional, com 134 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura. Na colheita, foram quantificadas a população de plantas e a produtividade de grãos. Não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, fato atribuído à contribuição dos créditos de N do cultivo anterior com soja. Em valores absolutos, o uso de inoculantes promoveu ganhos de produtividade em relação ao tratamento sem N em cobertura.

**Palavras-Chave:** Fixação biológica de nitrogênio; *Zea mays*; *Azospirillum*; rotação de culturas; crédito de nitrogênio.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a produção nacional de milho tem-se destacado no cenário internacional, firmando o Brasil como um dos grandes produtores mundiais juntamente com os Estados Unidos e a China. Porém, a implantação da lavoura visando alta produtividade requer o uso de grande quantidade de fertilizantes nitrogenados, equivalente a até 75 % do custo total da adubação do milho (Machado et al., 1998).

Pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de viabilizar práticas alternativas ao uso de fertilizantes nitrogenados convencionais, com o desafio de produzir tecnologia acessível e barata aos produtores. A fixação biológica do nitrogênio (FBN) em gramíneas tem se mostrado uma opção interessante sob os aspectos econômico e ambiental, com resultados promissores em muitos estudos.

Bactérias diazotróficas vêm sendo isoladas da rizosfera de milho, trigo e outras gramíneas, com a proposta de avaliar a viabilidade agrônômica da FBN proporcionada por esses microrganismos. Além de portadoras da capacidade de reduzir o nitrogênio atmosférico, muitos estudos também sugerem que há interferência dessas bactérias no crescimento das plantas e na morfologia das raízes através da biosíntese de hormônios vegetais (Bashan e Hognin, 1997; Zaied et al., 2003). Dentre os gêneros bacterianos avaliados, o *Azospirillum* tem se destacado no grupo das bactérias promotoras de crescimento de plantas.

A aplicação de inoculantes com tais bactérias poderá amenizar os elevados custos com adubação nitrogenada em gramíneas, sobretudo o milho, suprimindo parcialmente a necessidade de nitrogênio na cultura. Além do mais, há expectativa de redução das perdas de N e do potencial poluente decorrentes do uso de fertilizantes nitrogenados.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com bactérias diazotróficas no milho cultivado em solo de alto potencial produtivo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, em um Latossolo Vermelho Distrófico pertencente à Embrapa Milho e Sorgo no município de Sete Lagoas - MG, na safra 2010/11. A área, de fertilidade corrigida (Tabela 1), foi cultivada com soja na safra 2009/10.

Um trator foi utilizado na abertura dos sulcos de adubação e semeadura, que foram realizadas manualmente no dia 07/10/2010. As parcelas experimentais, de 6,0 x 4,0 m, foram constituídas por 8 linhas espaçadas de 0,5 m, em que as quatro centrais corresponderam à área útil, considerando-se ainda 1 m de bordadura em cada extremidade.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições. Foram comparados seis tratamentos (Tabela 2). Os tratamentos T1 e T2 (testemunha sem N em cobertura e adubação tradicional com 134 kg ha<sup>-1</sup> de N) foram determinados como referências para permitir inferir a respeito dos efeitos proporcionados pelos inoculantes. Nos tratamentos T3, T4, T5 e T6 foram utilizados dois inoculantes sendo um comercial e outro da Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), combinados com o fornecimento ou não de 83 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Portanto, nos tratamentos que combinaram inoculação com redução na adubação de cobertura, aplicou-se 51 kg ha<sup>-1</sup> a menos de N em relação ao manejo tradicional.

**Tabela 1.** Atributos do solo da área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade (safra de soja em 2009/2010).

Atributo	Unidade	Valor
Argila	g kg <sup>-1</sup>	660
pH (H <sub>2</sub> O)	-	5,9
Matéria orgânica (MO)	dag kg <sup>-1</sup>	3,6
Enxofre (S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg dm <sup>-3</sup>	15
Fósforo (P)	mg dm <sup>-3</sup>	9
Potássio (K <sup>+</sup> )	mg dm <sup>-3</sup>	53
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,2
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,1
Alumínio trocável (Al <sup>3+</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,1
Acidez potencial (H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,1
Cap. troca catiônica pH 7 (T)	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	9,6
Saturação por bases (V)	%	57
Boro (B)	mg dm <sup>-3</sup>	0,6
Cobre (Cu <sup>2+</sup> )	mg dm <sup>-3</sup>	1,0
Ferro (Fe <sup>2+</sup> )	mg dm <sup>-3</sup>	32
Manganês (Mn <sup>2+</sup> )	mg dm <sup>-3</sup>	46
Zinco (Zn <sup>2+</sup> )	mg dm <sup>-3</sup>	3,6

Anteriormente à semeadura, as sementes foram tratadas com inseticida CropStar®, momento em que também foi realizada a inoculação com *Azospirillum* nos tratamentos pertinentes. Para melhor aderência às sementes, foi adicionado açúcar ao caldo dos inoculantes.

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos utilizados.

Tratamento	Descrição	Adubação básica <sup>(3)</sup>	Adubação cobertura <sup>(4)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> de N)
T1	Testemunha sem N em cobertura	NPK+Zn	0
T2	Adubação tradicional	NPK+Zn	134
T3	Inoculante comercial <sup>(1)</sup>	NPK+Zn	0
T4	Inoc. comercial + N complementar	NPK+Zn	83
T5	Inoc. CNPMS <sup>(2)</sup>	NPK+Zn	0
T6	Inoc. CNPMS + N complementar	NPK+Zn	83

<sup>(1)</sup>Inoculante comercial à base de *Azospirillum brasilense*: 10 ml kg<sup>-1</sup> de semente. <sup>(2)</sup>Inoculante da Embrapa Milho e Sorgo: 10 ml kg<sup>-1</sup> de semente. <sup>(3)</sup>Adubação básica do milho: 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK04-30-16+Zn. <sup>(4)</sup>Adubação de cobertura com aplicação superficial de ureia, em filete ao lado da linha de plantas.

Foi usado o híbrido simples AG 7088, colocando-se duas sementes a cada 0,30 m, com posterior desbaste, visando uma população final de 66.667 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de cobertura foi feita aos 19 dias após a semeadura. O controle químico de plantas daninhas e de lagartas foi realizado conforme as indicações para a cultura. Quando necessário, foi utilizada irrigação de forma a não ocorrer déficit hídrico.

A contagem de plantas (população final) e colheita do milho foram realizadas aos 135 dias após o plantio, na área útil das parcelas. As espigas foram secas ao ar livre e posteriormente debulhadas para determinação da produtividade de grãos com umidade corrigida para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas utilizando-se o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, com auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios relativos à população de plantas e à produtividade de grãos do milho em resposta aos tratamentos efetuados. Observa-se que não houve diferença estatística para nenhuma das variáveis.

A ausência de resposta do milho aos inoculantes, bem como à adubação de cobertura tradicional, foi condicionada primariamente pela alta produtividade do tratamento testemunha (sem adubação de cobertura). Este fato se deve ao estoque natural de N existente na área experimental, uma vez que o milho foi cultivado em rotação com a soja. A rotação com leguminosas promove incremento nos créditos de nitrogênio do sistema e, pela ciclagem, o milho tira proveito do N residual do cultivo anterior com soja, que disponibiliza palhada com baixa relação C/N, favorecendo assim, o processo de mineralização (Mascarenhas et al., 2002; Resende et al., 2010). Nas condições experimentais com cultivo do milho em rotação à soja em solo de fertilidade corrigida (Tabela 1), potencializou-se a produtividade do híbrido utilizado, que com apenas 16 kg ha<sup>-1</sup> de N na adubação de plantio (tratamento testemunha) atingiu 10,05 t ha<sup>-1</sup> de grãos.

A inoculação com a bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* em híbridos de milho também não influenciou significativamente a produtividade nos estudos realizados por Zilli et al. (2008) e Dotto et al. (2010). Entretanto, incrementos na produtividade de grãos foram obtidos com a inoculação desse microrganismo no híbrido BRS1010, resultando em 21 % de aumento em relação à testemunha e rendimento igual ao tratamento que recebeu aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (Zilli et al., 2008). O uso de inoculantes à base de *A. brasilense* promoveu aumento significativo de produtividade em experimentos conduzidos por Cavallet et al. (2000), em sistema de plantio direto, e por Hungria et al. (2010), que utilizaram apenas uma adubação de arranque na semeadura (24 kg ha<sup>-1</sup> de N).

O benefício da inoculação do milho com bactérias diazotróficas depende de fatores como genótipo da planta, estirpes selecionadas, inter-relação entre ambos e o meio ambiente (Sala et al., 2007). É necessário destacar no presente trabalho que, em termos absolutos, o uso de inoculantes promoveu ganhos de produtividade em relação ao tratamento testemunha (Tabela 3). Portanto, a realização de mais estudos para quantificar os ganhos com a FBN, considerando, além dos fatores mencionados, as diversas condições de cultivo e de solo, poderá comprovar a economicidade

do uso dessas bactérias na redução da necessidade de fertilizantes nitrogenados para a cultura do milho.

### CONCLUSÕES

A inoculação com bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* não proporcionou incremento significativo na produtividade de grãos do milho rotacionado com soja em solo de alto potencial produtivo. Entretanto, em valores absolutos, houve ganhos de produtividade com relação à testemunha sem nitrogênio em cobertura.

### AGRADECIMENTOS

À Fapemig, pelo apoio financeiro e bolsa BAT-2, e ao CNPq, pela concessão de bolsas DTI-2 e PIBIT.

### REFERÊNCIAS

BASHAND, Y. & HOGUIN, G. Azospirillum-plant relationship: Environmental and physiological advances (1990-1996). *Can. J. Microbiol.*, 43:103-121, 1997.

CAVALLET, L.E.; PESSOA, A.C.S.; HELMICH, J.J.; HELMICH, P.R.; OST, C.F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum spp.* R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, 4:129-132, 2000.

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. R. Bras. Ci. Agrárias, 5:376-382, 2010.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000. Programa e resumos. São Carlos, UFScar, 2000, p. 255-258.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasiliense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brasil. *Plant an soil*, 331:413-425, 2010.

MACHADO, A.T.; SODEK, L.; DÖBEREINER, J. & REIS, V.M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:961-970, 1998a.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; WUTKE, E.B. Cultivo de cereais e cana-de açúcar após soja: economia de adubo nitrogenado. *O Agrônomo*, 54:19-20, 2002.

RESENDE, A.V.; HURTADO, S.M.C.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T. Estamos subestimando o nitrogênio suprido pelo solo na rotação soja-milho em integração lavoura-pecuária no Cerrado? In: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo: Potencialidades, desafios e sustentabilidade, 2010, Goiânia. Anais. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo., 2010. (CD Rom)

SALA, V.M.R.; SILVEIRA, A.P.D. da; CARDOSO, E.J.B.N. Bactérias diazotróficas associadas a plantas não-leguminosas. In: SILVEIRA, A.P. da; FREITAS, S. dos S. Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: IAC, 2007. Cap. 6, p. 97-116.

ZAIED, K.A.; EL-HADY, A.H.; AFIFY, A.H. & NASSEF, M.A. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. *Pakist. J. Biol. Sci.*, 4:344-358, 2003.

ZILLI, J.E.; PERIN, L.; MARSON, B.F.; ALVES, G.C.; REIS, V.M.; BALDANI, V.L.D. Rendimento de grãos da cultura do milho inoculado com *Herbaspirillum seropedicae* no cerrado de Roraima. In: FERTBIO 2008, Londrina. Anais. Londrina: SBCS, 2008. CD Rom.

**Tabela 3.** População de plantas e produtividade de grãos de milho em resposta aos tratamentos.

Tratamentos	População (plantas ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
T1. Testemunha sem N em cobertura	68.750 a	10.052 a
T2. Adubação tradicional com 134 kg ha <sup>-1</sup> de N em cobertura	69.063 a	10.717 a
T3. Inoculante comercial sem N em cobertura	65.938 a	10.293 a
T4. Inoculante comercial com 83 kg ha <sup>-1</sup> de N em cobertura	64.375 a	10.289 a
T5. Inoculante CNPMS sem N em cobertura	67.500 a	10.156 a
T6. Inoculante CNPMS com 83 kg ha <sup>-1</sup> de N em cobertura	67.500 a	10.856 a
CV(%)	5,7	6,2

\* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.