

## **INOCULAÇÃO FOLIAR DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM MILHO CULTIVADO EM DIFERENTES MANEJOS DE SOLO**

TATIANA DA SILVA SANTOS<sup>1</sup>, RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES<sup>2\*</sup>; ORIVALDO ARF<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agr. Programa Pós Graduação em Agronomia, UNESP-Ilha Solteira, ts.s@hotmail.com;

<sup>2</sup>Dr. em Agronomia, Prof. Adjuntp FEIS, UNESP, Ilha Solteira-SP, ricardo@agr.feis.unesp.br;

<sup>3</sup>Dr. em Agronomia, Prof. Titular FEIS, UNESP, Ilha Solteira-SP, arf@agr.feis.unesp.br

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

**RESUMO:** O milho é um cereal de grande importância econômica e nutricional, porém, ainda apresenta baixo rendimento de produção no Brasil. A busca por um manejo que vise a qualidade do sistema, além, de diminuir os custos com gastos de fertilizantes nitrogenados é essencial para o desenvolvimento desta commodity no país. O objetivo deste trabalho foi avaliar a interação dos diferentes sistemas de manejo do solo e inoculação via foliar de bactérias diazotróficas na cultura do milho. O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2016/17 em Selvíria, Mato Grosso do Sul. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa sendo manejado há 20 anos sob os sistemas de manejos de solo utilizados. Adotou-se o delineamento experimental em faixas (manejo do solo), onde subparcelas (inoculação) foram casualizadas dentro de cada faixa em quatro repetições. Foram avaliados os componentes morfológicos e produtividade de grãos do milho. Houve interação para altura de inserção da primeira espiga e produtividade de grãos. No manejo com grade pesada a inoculação via foliar do *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* proporcionou acréscimos à produtividade de grãos de milho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade do solo, sistemas de produção, nitrogênio.

### **FOLIAR INOCULATION OF DIAZOTROPHIC BACTERIA IN CORN CULTIVATED IN DIFFERENT SOIL MANAGEMENT**

**ABSTRACT:** Corn is a cereal of great economic and nutritional importance, however, it still presents low production yield in Brazil. The search for a management that aims at the quality of the system, besides, to reduce the costs with expenses of nitrogen fertilizers is essential for the development of this commodity in the country. The objective of this work was to evaluate the interaction of different soil management systems and foliar inoculation of diazotrophic bacteria in the corn crop. The experiment was conducted during the agricultural year 2016/17 in Selvíria, Mato Grosso do Sul. The soil of the site is classified as a Dystroferric Red Latosol, a clayey texture that has been managed for 20 years under the soil management systems used. We adopted the experimental design in strips (soil management), where subplots (inoculation) were randomized within each range in four replicates. Morphological components and grain yield of maize were evaluated. There was interaction for the variables height of first ear insertion and grain yield. In the heavy heavy disking management, foliar inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Bacillus amyloliquefaciens* provided increases to corn grain yield.

**KEYWORDS:** Soil quality, production systems, nitrogen.

### **INTRODUÇÃO**

A crescente demanda mundial para a produção de alimentos tem levado a busca por sistemas agrícolas sustentáveis e economicamente viáveis, com novas técnicas de manejo do solo e fontes alternativas de nutrição para diminuir os custos com fertilizantes.

O sistema plantio direto é uma técnica de conservação do solo e tem apresentado um acréscimo na produtividade do milho. Dentre as vantagens desse sistema de cultivo podem ser

ressaltadas: o controle da erosão, conservação da água, controle de plantas daninhas, melhoria da estruturação do solo e das condições fitossanitárias da cultura que conseqüentemente cria um novo ambiente ecológico (Cruz, 2014).

O nitrogênio é um dos nutrientes requeridos pela planta de milho e pode ser responsável por 15% dos custos variáveis. Uma alternativa para diminuir o uso de adubo nitrogenado é a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) de vida livre encontrada em quase todos os lugares da terra, capazes de fixar nitrogênio (Huergo et al., 2008). Essas bactérias utilizam no seu metabolismo fontes de N como amônia, nitrato, nitrito, aminoácidos e nitrogênio molecular (Trentini, 2010).

As BPCP estimulam o crescimento das plantas por diversos mecanismos, incluindo síntese de fitohormônios, além disso, promovem melhoria da nutrição nitrogenada, melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, atenuação/minimização de estresse e controle biológico da microbiota patogênica, salienta-se que essas bactérias auxiliam no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato de solo explorado (Hungria et al., 2010). Pode gerar diversos estímulos para o crescimento das plantas, destacando-se a fixação biológica de N (Fukami et al., 2016).

Portanto, torna-se necessário o estudo sobre sistemas de manejo do solo que minimizem os impactos ambientais negativos gerados pelo uso excessivo do solo, salientando que as bactérias diazotróficas tem mostrado resultados eficientes em diversos trabalhos que justificam a sua utilização como uma alternativa eficiente para ampliar a capacidade das plantas em absorver nutrientes. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a produção de milho em diferentes tipos de manejo do solo sob a inoculação via foliar de bactérias diazotróficas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2016/17 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia (FE/UNESP), Campus de Ilha Solteira. A área experimental está situada a 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros, localizada no município de Selvíria-MS. Enquadrada em região de cerrado, no sudeste do Mato Grosso do Sul. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, textura argilosa (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação do experimento foi realizado análise de solo da área em estudo na camada de 0,0 a 0,2 m para análise dos atributos químicos do solo de acordo com a metodologia proposta por (RAIJ et al., 2001). (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,2 m nos preparos de solo estudados. Selvíria, MS, Brasil

Manejo do Solo <sup>(a)</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	P <sup>(a)</sup> --mgm <sup>-3</sup> --	S -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V %	MO gdm <sup>-3</sup>
Escarificador	5,5	26	2	1,9	30	18	0	24	73,9	68	20
Grade Pesada	5,5	34	1	2,1	31	19	0	25	77,1	68	21
Plantio Direto	5,5	31	2	2,0	29	19	0	25	75,0	67	20

<sup>(a)</sup> Método da Resina.

A área em estudo vem sendo manejada desde o ano agrícola 1997/98 em três manejos de solo: Escarificador; Grade Pesada e Sistema Plantio Direto. Para o sistema de rotação de culturas foram implantados milho, arroz ou soja no verão rotacionados com trigo ou feijão no inverno. A área experimental foi composta por 48 parcelas com 10 metros de comprimento constituída por 7 linhas, com espaçamento de 0,45 metros, sendo a área total da parcela 27 m<sup>2</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi em faixas com 4 blocos, as parcelas foram constituídas por 3 tipos de manejos do solo (Escarificador; Grade pesada e Sistema Plantio Direto), foram aplicados nas subparcelas os seguintes tratamentos de bactérias (*Bacillus amyloliquefaciens* (Ba); *Azospirillum brasilense* (Az); *Bacillus amyloliquefaciens*+*Azospirillum brasilense* (Ba+Az); Sem Inoculação (SI), com 4 repetições. Para o manejo do solo com Escarificador foi utilizado implemento com hastes de 0,35m e, para o manejo com Grade Pesada a operação realizada com a profundidade de 0,20m.

A semeadura foi realizada mecanicamente por semeadora de 7 linhas, marca Marchesan, modelo Cop Flex Suprema, com mecanismos sulcadores tipo disco desencontrado defasado para a deposição de adubo e sementes, e sistema em rodado V para o fechamento do sulco.

Utilizou-se o híbrido simples DKB 390 VT PRO, de ciclo precoce, grão semiduro amarelo-alaranjado. A inoculação via foliar foi realizada com o inoculante Masterfix Gramíneas®, com as estirpes AbV5 e AbV6 *A. brasilense* ( $2 \times 10^8$  células viáveis mL<sup>-1</sup>) e *Bacillus amyloliquefaciens* cepa SB-10 ( $2 \times 10^{11}$  células viáveis mL<sup>-1</sup>) na dose de 500 mlha<sup>-1</sup>. A inoculação das bactérias via foliar foi realizada no estágio V4. Para a aplicação das bactérias foi utilizado pulverizador costal com ponta de jato cone vazio e volume de calda calculado para aplicar 200 L ha<sup>-1</sup>.

A adubação mineral foi realizada de acordo os resultados obtidos na análise química do solo para uma produtividade de 4000 a 6000 kg ha<sup>-1</sup> segundo Raij & Cantarella (1997) e usou-se 250 kg ha<sup>-1</sup> 4-30-10 para adubação inicial. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada aos 18 dias após a emergência (DAE). A fonte utilizada foi uréia 90 kg ha<sup>-1</sup>.

Durante a condução do experimento foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta (ALP); altura da inserção da primeira espiga (AIE); massa de cem grãos (M 100G) e produtividade de grãos (PG), expresso em kg ha<sup>-1</sup> e corrigidos para 13% de umidade (b.u.).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância e quando necessário foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação de médias. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Sisvar 5.6® (Ferreira, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) da altura de plantas e massa de 100 grãos, entretanto, houve interação entre o preparo do solo e inoculação para a altura de inserção da primeira espiga e produtividade (Tabela 2).

Tabela 2. Altura da planta (APL); Altura da inserção da primeira espiga (AIE); Massa de 100 grãos (M100G), Produtividade de grãos (PG)

Manejo do Solo (MS)	ALP (m)	AIE (m)	M100G (g)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
Escarificador	2,44	1,24	36,4	9393
Grade Pesada	2,45	1,31	36,1	9748
Plantio Direto	2,50	1,28	36,5	9904
F (MS)	1,335 <sup>ns</sup>	2,313 <sup>ns</sup>	0,032 <sup>ns</sup>	0,742 <sup>ns</sup>
P	0,3313	0,1801	0,9689	0,5152
CV%	4,33	7,37	12,65	12,56
INOCULAÇÃO (I)	ALP (m)	AIE (m)	M100G (g)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
Sem Inoculação	2,48	1,28	35,4	9719
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (Ba)	2,47	1,32	36,2	9778
<i>Azospirillum brasilenses</i> (Az)	2,42	1,25	37,0	9730
Ba+Az	2,46	1,27	36,7	9498
F (I)	1,286 <sup>ns</sup>	2,147 <sup>ns</sup>	0,581 <sup>ns</sup>	0,152 <sup>ns</sup>
P	0,3373	0,1643	0,6419	0,9259
CV%	3,06	5,35	8,48	11,46
F (MS x I)	1,059 <sup>ns</sup>	3,473*	0,869 <sup>ns</sup>	5,770*
P	0,4220	0,0185	0,5359	0,0017
CV%	2,90	3,72	8,80	6,98

<sup>ns</sup>, não significativo, \* significativo a 5% de probabilidade

No desdobramento do manejo do solo e inoculação para a altura de inserção da primeira espiga (Tabela 3) constatou-se que, para o manejo dentro de inoculação, os tratamentos com Grade Pesada e Plantio Direto apresentaram os maiores valores para a mistura de *Bacillus amyloliquefaciens* + *Azospirillum brasilense* (Ba+Az); grade pesada para *Azospirillum brasilense* (Az) e não houve diferença para *Bacillus amyloliquefaciens* (Ba) e Sem Inoculação.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os fatores manejo do solo e inoculação, para altura de inserção da primeira espiga e produtividade de grãos.

Inoculação	Manejo do Solo		
	Escarificador	Grade Pesada	Plantio Direto
	Altura da inserção da primeira espiga (m)		
Sem Inoculação	1,29 AB a	1,28 A a	1,29 A a
Ba	1,31 A a	1,36 A a	1,28 A a
Az	1,19 C b	1,33 A a	1,24 A b
Ba+Az	1,20 BC b	1,31 A a	1,33 A a
Inoculação	Manejo do Solo		
	Escarificador	Grade Pesada	Plantio Direto
	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		
Sem Inoculação	10.036 A a	9.030 B a	10.092 A a
Ba	9.152 A b	10.384 A a	9.799 A ab
Az	8.838 A b	10.815 A a	9.538 A b
Ba+Az	9.545 A ab	8.763 B b	10.186 A a

Média seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem a 5%, pelo teste Tukey.

Para a produtividade de grãos (Tabela 3) pode-se verificar que, para manejo dentro de inoculação, os maiores resultados foram para grade pesada e inoculação com *Azospirillum brasilense* (Az). Na inoculação dentro de manejo houve diferença para grade pesada, onde as maiores produtividades obtidas foram para os tratamento *Bacillus amyloliquefaciens* (Ba) e *Azospirillum brasilense* (Az), sendo que os valores estão de acordo com o esperado para a região.

Entretanto, resultado contrário foi observado por Souza (2017) onde verificou que o manejo do solo com uso do escarificador reduziu a compactação do solo, proporcionando melhor produtividade para a cultura do milho. Também verificou que as condições físicas do solo encontradas no plantio direto contínuo restringiu a produtividade da cultura do milho, e a utilização consecutiva de grade pesada proporciona degradação física do solo.

Na análise da inoculação dentro do manejo de solo observa-se que as plantas sem inoculação apresentaram as maiores médias, sobressaindo-se em relação àquelas que receberam inoculação. Este comportamento pode ser atribuído à influência de inúmeros fatores, dentre eles a quantidade e qualidade dos microrganismos inoculados, o método usado para inoculação, a estirpe bacteriana, o genótipo da planta, a fase de desenvolvimento da cultura no ato da inoculação, as condições edafoclimáticas do ambiente, interações com a microbiota nativa, a fitossanidade das plantas, adição inadequada de nutrientes no solo através da fertilização e muitos outros fatores (Matsumura et al., 2015).

Conforme Conceição et al. (2010) estudando a resposta do milho à BPCP em solo de cerrado com alto potencial produtivo não proporcionou incremento na produtividade de grãos do milho rotacionado com soja. Entretanto, relata que em valores absolutos, houve aumento de produtividade com relação à testemunha sem nitrogênio em cobertura. Resultados semelhantes foram relatados por Vogt et al. (2014) e Pandolfo et al. (2015) que não obtiveram efeito de BPCP sobre a produtividade de grãos de milho.

Entretanto, Hungria et al. (2010) e Viana (2017), avaliaram o uso de BPCP sobre o milho e encontraram aumento na produtividade de grãos em relação ao controle sem inoculação.

## CONCLUSÃO

No manejo com grade pesada a inoculação via foliar do *Azospirillum brasilense* e *Bacillus amyloliquefaciens* proporcionou acréscimos à produtividade de grãos de milho.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- Conceição, O. P. da; Resende, A. V. de; Marriel, I. E.; Furtini Neto, A. E.; Batista, R. O.; Gott, R. M.; Hickmann, C. Resposta do milho à inoculação com bactérias diazotróficas em solo de alto potencial produtivo no cerrado. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33, Uberlândia, 2010. Anais...Uberlândia: RBCS, 2010. p.1-3.
- Cruz, J. C.; Alvarenga, R. C.; Viana, J. H. M.; Filho, Albuquerque Filho, R. de; Santana, D. P. Plantio Direto. 2014. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_72\\_59200523355.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html)>. Acesso em: 14 dez de 2017.
- EMBRAPA. Embrapa Solos. Sistema brasileiro de classificação dos solos. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2. p. 109-112. 2014.
- Fukami, J.; Nogueira, M. A.; Araujo, R. S.; Hungria, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express* v. 6, p. 1-13, 2016.
- Huergo, L.F.; Monteiro, R.A.; Bonatto, A.C.; Rigo, L.U.; Steffens, M.B.R.; Cruz, L.M.; Chubatsu, L.S.; Souza, E.M.; Pedrosa, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.
- Hungria, M.; Campo, R.J.; Souza, E.M.S.; Pedrosa, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *Azospirillum lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant Soil*, v. 331, n.1-2, p. 413–425, 2010.
- Matsumura, E.E.; Secco, V.A.; Moreira, R.S.; Santos, O.J.P.; Hungria, M.; Oliveira, A.L.M. Composition and activity of endophytic bacterial communities in field grown maize plants inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Annals of Microbiology*, v.65, n.4, p. 2187-2200, 2015.
- Pandolfo, C. M., Vogt, G. A., Balbinot Júnior, A. A., Gallotti, G. J. M., Zoldan, S. R. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* associado a doses de nitrogênio em cobertura. *Agropecuária Catarinense*. Florianópolis, v. 27, n.3, p.94-99, 2015.
- Souza, F. H. Desempenho das culturas de soja e milho e atributos físicos do solo em diferentes sistemas de preparo e retomada do sistema plantio direto. 67f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira, 2017.
- Raij, B. van; Cantarella, H. Cereais. In: RAIJ, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C., eds. *Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo*. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas-SP, p.56-59, 1997.
- Raij, B. Van; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas-SP, 2001. 284p.
- Trentini, D.B. Identificação dos alvos celulares das proteínas de transdução de sinal PII do diazotrófico de vida livre *Azospirillum amazonense*. 122f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.
- Viana, M. M. Produtividade e eficiência do uso do nitrogênio na cultura do milho inoculado com *Azospirillum brasilense*. 51f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2017.
- Vogt, G.A; Balbinot Junior, A.A.; Gallotti, G.J.M., Padolfo, C.M.; Zoldan, S. R. Desempenho de genótipos de milho na presença ou ausência de inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada de cobertura. *Agropecuária Catarinense*. Florianópolis, v. 27, n.2, p.49-54, 2014.