

## Características Agronômicas do Milho Doce em Função da Inoculação das Sementes com *Azospirillum brasilense* Associada à Adubação Nitrogenada no Noroeste do Paraná

Alberto Yuji Numoto<sup>(1)</sup>; Pedro Soares Vidigal Filho<sup>(2)</sup>; Carlos Alberto Scapim<sup>(2)</sup>; Alex Henrique Tiene Ortiz<sup>(3)</sup>; Anderson Takashi Hara<sup>(1)</sup>; Antônio Augusto Nogueira Franco<sup>(4)</sup>.

<sup>(1)</sup> Doutorando em Agronomia; Universidade Estadual de Maringá; Maringá, Paraná; alberto.y.numoto@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Professor Doutor; Universidade Estadual de Maringá; <sup>(3)</sup> Doutorando em Genética e Melhoramento; Universidade Estadual de Maringá; <sup>(4)</sup> Pesquisador; Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária do Mato Grosso.

**RESUMO:** O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada sobre as características agronômicas do milho doce, na região Noroeste do Paraná. O experimento foi instalado na Safra de “Verão” de 2012/2013 na Fazenda Experimental de Iguatemi, em Maringá. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da combinação das doses de inoculante (0, 50, 100, 150 e 200 mL ha<sup>-1</sup>) e das doses de nitrogênio aplicadas na semeadura (0,0 e 30,0 kg ha<sup>-1</sup>) e em cobertura (0,0 e 110,0 kg ha<sup>-1</sup>) e um híbrido de milho doce (RB 6324) do grupo superdoce, formando um fatorial 5 x 2 x 2. As características agronômicas avaliadas foram a produtividade de espigas comerciais despalhadas e o teor foliar de N. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. A inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou acréscimo de 10,5% na produtividade de espigas comerciais despalhadas, enquanto que o teor foliar de N foi influenciado apenas pela adubação nitrogenada em cobertura.

**Termos de indexação:** produtividade de espigas, bactérias diazotróficas, nitrogênio.

### INTRODUÇÃO

O milho doce é caracterizado por possuir um dos oito genes mutantes que afetam a biossíntese de carboidratos no endosperma, ou seja, bloqueiam a conversão de açúcares em amido, tornando os grãos mais adocicados (TRACY, 2010). Os principais destinos das espigas produzidas são o

processamento industrial e o consumo in natura (BARBIERI, 2005).

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de milho comum, ocupando o terceiro lugar em produção de grãos, superado apenas pelos Estados Unidos e pela China (USDA, 2016). Assim sendo, o país apresenta, também, ampla aptidão ao cultivo de outros tipos especiais de milho, tais como o milho doce.

Embora haja diversos estudos envolvendo o manejo de milho comum no sistema agrícola, contudo, pouca ênfase tem sido dada aos milhos especiais. Neste sentido, os produtores rurais têm utilizado as recomendações preconizadas para o milho comum, o que de certa forma pode vir a limitar o potencial produtivo dos milhos especiais.

Dentre os manejos agrícolas que afetam a produtividade do milho, um dos mais importantes é a adubação nitrogenada (OKUMURA et al., 2014). Devido à dinâmica do N no sistema, torna-se cada vez mais necessária a realização de estudos sobre o tema. Além disso, alternativas tecnológicas capazes de melhorar o estado nutricional da cultura do milho por N, como por exemplo, a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* (HUNGRIA et al., 2010; SPOLAOR et al., 2016), são essenciais, quando se almeja elevada produtividade.

Diante dessas considerações, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, associada à adubação nitrogenada, sobre as características agronômicas do milho doce, no período de Verão, na região Noroeste do Paraná.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimento de Iguatemi (FEI), pertencente à

Universidade Estadual de Maringá (UEM), na Safra de Verão de 2012/2013, em Maringá, na região Noroeste do Paraná, latitude 23°20'48" Sul e longitude 52°04'17" Oeste, com altitude aproximada de 550 m. O solo da área é classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco doses de inoculante (0,0; 50; 100; 150 e 200 mL ha<sup>-1</sup>) contendo *Azospirillum brasilense* (Estirpes AbV5 e AbV6), duas doses de N (0,0 e 30,0 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas na ocasião da semeadura, duas doses de N (0,0 e 110,0 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura no estágio V<sub>4</sub> e um híbrido de milho doce (RB 6324), do grupo superdoce (Sh2). O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2 x 2, com quatro repetições. Cada unidade experimental possuía 27,0 m<sup>2</sup>, sendo cinco linhas de plantas espaçadas em 0,9 m e 6,0 m de comprimento. Por sua vez, a área útil foi constituída por três linhas centrais, excluindo 0,5 m de cada extremidade, totalizando 13,5 m<sup>2</sup>.

A semeadura foi realizada manualmente (matraca), no dia 20 de outubro de 2012, em sistema de plantio direto, adotando-se uma população de 55.500 plantas ha<sup>-1</sup>.

Avaliou-se a produtividade de espigas comerciais despalhadas (maiores que 15 cm de comprimento e com diâmetro maior que 3 cm; isentas de ataques de insetos-praga e doenças) (Mg ha<sup>-1</sup>) e o teor foliar de N (g kg<sup>-1</sup>). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão a 5 % de probabilidade.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância (Tabela 1), evidenciam que a inoculação com *A. brasilense* exerceu influência positiva sobre a produtividade de espigas comerciais despalhadas de milho doce. Por outro lado, o teor foliar de N foi afetado apenas pela adubação nitrogenada em cobertura.

**Tabela 1** – Resumo da análise de variância referente à produtividade espigas comerciais despalhadas (PECD) e ao teor foliar de N (TFN) do milho doce na Safra de "Verão" 2012/2013

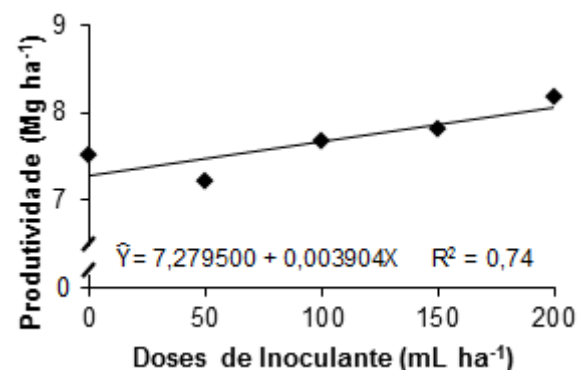
Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		PECD	TFN
		Mg ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
Inoculante (I)	4	2,049*	11,869 <sup>ns</sup>
N Sem. (S)	1	0,219 <sup>ns</sup>	12,824 <sup>ns</sup>
N Cob.(C)	1	0,013 <sup>ns</sup>	155,320*
S x C	1	0,292 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>
I x S	4	1,216 <sup>ns</sup>	5,343 <sup>ns</sup>

I x C	4	0,995 <sup>ns</sup>	3,741 <sup>ns</sup>
I x S x C	4	1,036 <sup>ns</sup>	4,320 <sup>ns</sup>
Blocos	3	3,645 <sup>ns</sup>	1,828 <sup>ns</sup>
Resíduo	57	0,766	5,533
Média geral		7,67	28,61
CV (%)		11,41	8,22

\*Significativo (p≤0,05) e <sup>ns</sup>não significativo (p>0,05), pelo teste F.

A produtividade de espigas comerciais despalhadas, em função das doses de inoculante utilizadas, ajustou-se de forma significativa ao modelo linear crescente (Figura 1). Dessa forma, com base no coeficiente angular da equação, a cada 10,0 mL de inoculante adicionado via tratamento de sementes observou-se incremento de 40 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade de espigas comerciais despalhadas. Ou seja, os incrementos de produtividade chegaram a 10,5% em relação aos tratamentos sem inoculação com *Azospirillum brasilense*. Efeitos benéficos na produtividade decorrente de inoculação também foram relatados por Swedzyska e Sawicka (2000) que obtiveram incremento de 27,0 % na produtividade de espigas de milho doce inoculado com *Azospirillum brasilense*. Por sua vez, em milho comum, Hungria et al. (2010) obtiveram incrementos na produtividade de grãos que variaram de 16 a 30 % com a inoculação das sementes com *A. brasilense* (estirpes AbV5, AbV6 e AbV7).

O efeito da inoculação com *Azospirillum* spp. inicia-se nos primeiros estádios de desenvolvimento do milho, durante os primeiros dias após a colonização da raiz (JACOUD et al., 1999). As modificações que ocorrem no sistema radicular decorrentes da associação com a bactéria possibilitam melhor absorção de água e de nutrientes minerais do solo e maior resistência das plantas ao estresse mecânico durante o ciclo da cultura, o que as tornam mais tolerante aos estresses abióticos.



**Figura 1.** Produtividade de espigas comerciais despalhadas de milho doce em função da inoculação das sementes com *Azospirillum*

*brasiliense*, na média das doses de N aplicadas na ocasião da semeadura e em cobertura, na Safra de Verão 2012/2013 em Maringá.

Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que a fixação biológica de N pelas bactérias diazotróficas contribuem tanto no acúmulo de massa nos grãos quanto na qualidade das espigas colhidas. Isto pode ser explicado pelo fato das bactérias do gênero *Azospirillum* terem a capacidade de sintetizar quantidades significativas de fitormônios tais como auxina, giberelina e citocinina (CASSÁN; VANDERLEYDEN; SPAEPAN, 2014), os quais contribuem para o melhor desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea da planta de milho.

O teor foliar de N proporcionado pela dose de 110,0 kg de N ha<sup>-1</sup> aplicada em cobertura, no estágio V<sub>4</sub> da cultura, foi de 30,0 g kg<sup>-1</sup>, incremento de 10,21% em relação ao tratamento testemunha. Resultados semelhantes foram encontrados por Machado et al. (1998), que não obtiveram resposta significativa no teor foliar de N com a inoculação (*A. brasiliense*) das sementes do milho Nitroflint, contudo, a adubação nitrogenada incrementou positivamente esta variável resposta.

Cerrato e Blackmer (1991) estimaram o nível crítico de N na folha de milho comum em 21,0 g kg<sup>-1</sup>. Portanto, considera-se que os valores obtidos no presente trabalho foram adequados para alcançar boas produtividades de espigas verdes.

**Tabela 2** – Teor foliar de N (TFN) desdobrado dentro das doses de N aplicadas em cobertura no estágio V<sub>4</sub> da cultura do milho doce, na média das cinco doses de inoculante e das duas doses de N aplicadas na semeadura na Safra de “Verão” de 2012/2013, em Maringá

N em cobertura	TNF (g kg <sup>-1</sup> )
Ausência	27,22 b
Presença	30,00 a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si (p ≤ 0,05), pelo teste F.

### CONCLUSÕES

A inoculação das sementes com *Azospirillum brasiliense* propiciou incremento na produtividade de espigas comerciais despalhadas de milho doce de 10,5% em relação às testemunhas.

A adubação nitrogenada influenciou positivamente o teor foliar de N.

### AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá; ao Programa de Pós-graduação em Agronomia; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Araucária (FA).

### REFERÊNCIAS

BARBIERI, V.H.B.; LUZ, J.M.Q.; BRITO, C.H.; DUARTE, J.M.; GOMES, L.S.; SANTANA, D.G. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e população de plantas. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.826-830, 2005.

CASSÁN, F.; VANDERLEYDEN, J.; SPAEPAN, S. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.33, n.2, p.440-459, 2014.

CERRATO, M.E.; BLACKMER, A.M. Relationships between leaf nitrogen concentrations and the nitrogen status of corn. **Journal of Production Agriculture**, v.4, n.3, p.525-531, 1991.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 3 ed., 2013. 353 p.

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 Brazil. **Plant Soil**, v.331, p.413-425, 2010.

JACOUD, C.; JOB, D.; WADOUX, P.; BALLY, R. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum*

*lipoferum* CRT1 during maize seed germination. **Canadian Journal of Microbiology**, v.45, n.4, p.339-342, 1999.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.961-970, 1998.

OKUMURA, R.S.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C.A.; MARQUES, O.J.; FRANCO, A.A.N.; SOUZA, R.S.; RECHE, D.L. Effects of nitrogen rates and timing of nitrogen topdressing applications on the nutritional and agronomic traits of sweet corn. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.12, n.2, p.391-398, 2014.

SPOLAOR, L.T.; GONÇALVES, L.S.A.; SANTOS, O.J.A.P.; OLIVEIRA, A.L.M.de; SCAPIM, C.A.; BERTAGNA, F.A.B.; KUKI, M.C. Plant growth-promoting bacteria associated with nitrogen fertilization at topdressing in popcorn agronomic performance. **Bragantia**, v.75, n.1, p.33-40, 2016.

SWEDRZYNSKA, D.; SAWICKA, A. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on development and yielding of maize (*Zea mays* ssp. *Saccharata* L.) under different cultivation conditions. **Polish Journal of Environmental Studies**, v.9, n.6, p.505-509, 2000.

TRACY, W.F. History, genetics, and breeding of supersweet (shrunken2) sweet corn. **Plant Breeding Reviews**, v.14, p.189-380, 2010.

USDA – United States Department of Agriculture. **World agriculture supply and demand estimates**. Washington, Foreign Agricultural Service, March 2016. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 04 de abril de 2016



## XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar"

---