

## **EFEITO DA *Azospirillum brasilense* NA PRODUTIVIDADE DE MILHO NO SUDOESTE GOIANO**

FERNANDO NOBRE CUNHA<sup>1</sup>, NELMÍCIO FURTADO DA SILVA<sup>1</sup>, FABIANO JOSÉ DE CAMPOS BASTOS<sup>1</sup>, JOSÉ JOAQUIM DE CARVALHO<sup>1</sup>, LUCIANA MINERVINA DE FREITAS MOURA<sup>1</sup>, MARCONI BATISTA TEIXEIRA<sup>1</sup>, ANÍSIO CORREA DA ROCHA<sup>1</sup>, EDSON LUIZ SOUCHIE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IF Goiano, Rio Verde, GO, Brasil, [fernandonobrecunha@hotmail.com](mailto:fernandonobrecunha@hotmail.com), [nelmiciofurtado@gmail.com](mailto:nelmiciofurtado@gmail.com), [fabianojcbastos@gmail.com](mailto:fabianojcbastos@gmail.com), [lucianaminervina@gmail.com](mailto:lucianaminervina@gmail.com), [marconibt@gmail.com](mailto:marconibt@gmail.com), [anisiorocha@yahoo.com.br](mailto:anisiorocha@yahoo.com.br), [edson.souchie@pq.cnpq.br](mailto:edson.souchie@pq.cnpq.br)

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.13, n.3, p. 261-272, 2014

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um híbrido de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. O experimento foi desenvolvido nas condições de campo em sistema de plantio convencional, na estação experimental do Instituto Federal Goiano (Rio Verde, GO), no ano agrícola de 2012. Os parâmetros avaliados foram: massa de espiga; massa do sabugo; comprimento da espiga; diâmetro da espiga; massa de grãos da espiga; e peso total por parcela, com delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em um arranjo fatorial 1 x 2 x 5, ou seja, um híbrido (DKB 390 YG RR2); ausência e presença de inoculação com *A. brasilense*; e cinco doses de N em cobertura (0, 25, 50, 75 e 100%), num total de 40 parcelas experimentais. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, em caso de significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. A dose ideal de N em cobertura para o milho com inoculação é de aproximadamente 89% da dose recomendada, podendo esta ser variada até 84% sem perda significativa na produtividade ou do efeito de *A. brasilense*.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L.; adubação nitrogenada; bactérias diazotróficas; fixação biológica de N.

## **EFFECT OF *Azospirillum brasilense* ON PRODUCTIVITY OF MAIZE IN SOUTHWEST GOIÁS**

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the performance of hybrid maize inoculated with *Azospirillum brasilense* under different levels of topdressing nitrogen. The experiment was conducted under field conditions in the conventional tillage system, in the experimental station of the Federal Institute Goiano (Rio Verde, GO), in the 2012 crop season. The parameters evaluated were: ear mass; cob mass; ear length, ear diameter, ear grain weight and total weight per plot. The experimental design was randomized blocks with four replications. The treatments were arranged in a factorial arrangement 1 x 2 x 5, with one hybrid (DKB 390 YG RR2), absence and presence of inoculation with *A. brasilense* and five doses of N (0, 25, 50, 75 and 100%) totaling 40 plots and 640 m<sup>2</sup>. The experimental data were subjected to analysis of variance by test F, and when significant the means were compared by Tukey test at 5% probability. The optimal dose of nitrogen applied at top dress in the maize inoculated was approximately 89% of the recommended dose, which may range up to 84% without significant loss in yield or in the effect of *A. brasilense*.

**Key words:** *Zea mays* L.; nitrogen fertilization; diazotrophic bacteria; biological fixation.

O milho (*Zea mays* L.) é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo devido ao seu potencial produtivo e ao seu valor nutritivo, podendo ser usado tanto na alimentação humana, como animal (Fancelli, 2011). No Brasil, áreas extensas de milho são cultivadas, aproximadamente 16 milhões de hectares (safra e safrinha ou segunda safra), concentrando-se principalmente nos estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com produtividade média nacional de aproximadamente 4,4 t ha<sup>-1</sup> (Conab, 2013). No estado de Goiás, especialmente na região Sudoeste, é produzido principalmente na segunda safra.

Apesar dessa importância, a cultura do milho, principalmente quando cultivado na segunda safra (safrinha), é influenciada por problemas de estresse ambiental, dentre os quais se destaca a baixa fertilidade dos solos, que, em sua maioria, apresentam deficiência de N. Segundo Fancelli (2003), tal deficiência pode reduzir o rendimento de grãos entre 14 e 80%.

O nitrogênio (N) é o elemento mais abundante na atmosfera terrestre (em torno de 70%). Nas plantas, é componente da estrutura da clorofila, de enzimas e de proteínas. Por ser elemento essencial, seu balanço afeta a formação de raízes, a fotossíntese, a produção e a translocação de fotoassimilados e a taxa de crescimento entre folhas e raízes, sendo o crescimento foliar primeiramente afetado (Taiz & Zeiger, 2004). A consequência disso é a diminuição do crescimento das plantas e da produtividade.

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, principalmente os nitrogenados, apresentando incrementos em vários caracteres influenciando na produção final (Ohland et al., 2005). O nitrogênio é o elemento mineral mais importante e limitante na produtividade do milho, sendo requerida sua aplicação em grandes quantidades para suprir a

demanda da cultura. De acordo com Fancelli (2011), a deficiência do nitrogênio na cultura pode afetar o rendimento de grãos entre 14 a 80%, além de diminuir o teor de proteína nos grãos. Segundo Reis Junior et al. (2008), a identificação, a seleção e o uso de genótipos de milho mais tolerantes à deficiência de N e eficientes na aquisição deste elemento constitui estratégia importante. Nesse sentido, deve ser considerada a busca por genótipos que formem associações mais eficientes com bactérias diazotróficas e/ou promotoras de crescimento. Sabe-se que existem interações entre o N e essas bactérias na assimilação e na utilização desse nutriente pelas plantas.

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) podem estimular o crescimento das plantas por diversas maneiras, sendo as mais relevantes: solubilização de fosfato (Rodriguez et al., 2004); capacidade de fixação biológica de nitrogênio (Huergo et al., 2008); e aumento na atividade da reductase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (Cassán et al., 2008).

O gênero *Azospirillum* abrange um grupo de BPCP de vida livre que é encontrado em quase todos os lugares da Terra; há relatos, também, de que as bactérias desse gênero podem ser endofíticas facultativas (Huergo et al., 2008). Dessa maneira, a inoculação de bactérias diazotróficas pode ser uma alternativa biotecnológica na busca pela sustentabilidade. Essas bactérias podem fixar N<sub>2</sub> para a planta e produzir hormônios de crescimento, como auxinas e giberelinas, que estimulam o crescimento vegetal, principalmente de raízes, por aumentar a absorção de nutrientes e água (Bashan et al., 2004).

Porém, estudos referentes a essas bactérias no Brasil se restringem ao nível de laboratório no isolamento e no estudo bioquímico, faltando, assim, estudos mais práticos ao nível de campo para maior

compreensão da interação planta-micro-organismo-ambiente de forma mais aprofundada, de acordo com o desenvolvimento da cultura, que possibilitem calcular o efeito da ação dessas bactérias no rendimento final de forma direta e precisa.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, em condições de campo no Sudoeste goiano, o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* em um híbrido de milho cultivado sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura.

### Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido nas condições de campo em sistema de plantio convencional, na estação experimental do Instituto Federal Goiano (Rio Verde, GO), no ano agrícola 2012. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17° 48' 23" S e 50° 54' 11" O, com altitude média de 744 m. O clima da região é classificado, conforme Köppen, como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio e seca nos meses de junho a setembro, ou seja, com chuva no verão e seca no inverno. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C, as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e o relevo é suave ondulado (5% de declividade). Na Figura 1, encontram-se os dados climáticos correspondentes ao período e ao ano de desenvolvimento do trabalho em campo.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), de textura média (Santos, 2006). As principais características químicas e físicas deste solo são apresentadas na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em um arranjo fatorial 1 x 2 x 5, ou seja, um híbrido (DKB 390 YG RR2); ausência e

presença de inoculação com *Azospirillum brasilense*; e cinco doses de nitrogênio em cobertura, 0, 25, 50, 75 e 100% da dose recomendada, que correspondem respectivamente (0; 17,5; 35,0; 52,5 e 70,0 kg ha<sup>-1</sup>), sendo que a dose recomendada é de 70 kg ha<sup>-1</sup> com base em uma expectativa de rendimento de 8.000 kg ha<sup>-1</sup> (Sousa & Lobato, 2004), perfazendo um total de 40 parcelas experimentais, totalizando 640 m<sup>2</sup>.

A inoculação com produto comercial "Azototal®" à base de *Azospirillum brasilense* (Estirpes AbV5 e AbV6) foi realizada no momento da semeadura em uma dose de 100 ml do inoculante líquido para cada 25 kg de semente com garantia de 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC ml<sup>-1</sup>, aplicado e homogeneizado diretamente nas sementes, conforme especificações do fabricante. As sementes passaram por tratamento antes da inoculação, utilizando o inseticida de nome técnico thiamethoxam 350 g l<sup>-1</sup>.

Na semeadura, a adubação foi realizada com base na interpretação da análise química do solo (Tabela 1). Aplicando-se, dessa forma, 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 0-20-20 para o suprimento de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, segundo a recomendação Sousa & Lobato (2004).

A semeadura foi realizada no dia 09 de março de 2012, com o auxílio de uma semeadora de plantio direto para abertura dos sulcos, assim como a marcação das linhas de semeadura, sendo distribuídos manualmente o adubo e as sementes num total de quatro sementes por metro linear. Cada parcela foi composta por oito linhas de 4,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m entre linhas. Foram eliminadas as duas linhas laterais de cada lado e 1,0 m de cada extremidade da parcela, avaliando os 2,0 m de cada uma das quatro linhas centrais.

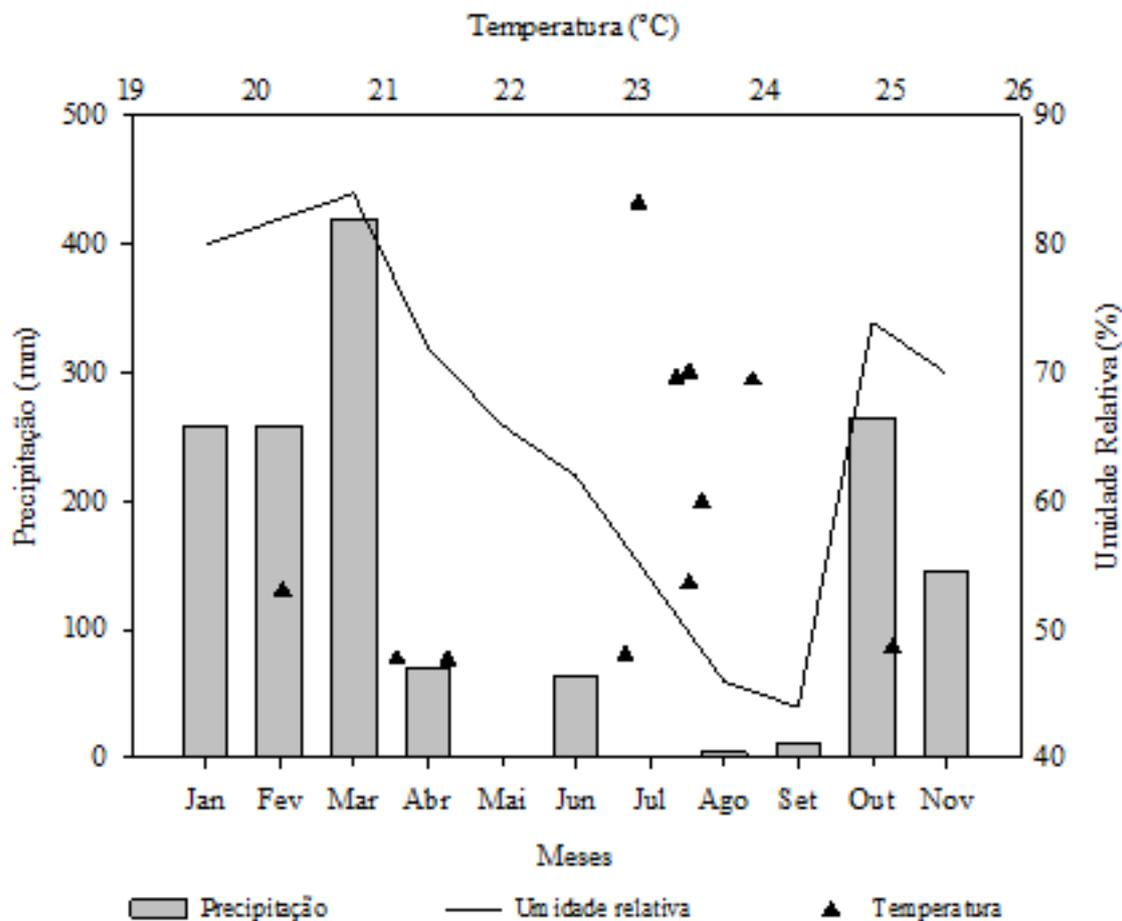
A aplicação de N em cobertura, na forma de ureia (45,0% de N), foi realizada quando as plantas

apresentaram de sete a oito folhas totalmente expandidas (Sousa & Lobato, 2004), sendo realizada a lanço em todas as linhas na área total da parcela.

Durante a condução do experimento, houve a necessidade de aplicação de inseticida para o controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Foi realizada uma aplicação do produto de nome técnico metomil 215 g l<sup>-1</sup>, com uma dose de 0,4 l ha<sup>-1</sup>. O controle de plantas daninhas foi realizado 20 dias após a emergência (DAE), com a aplicação do produto de nome técnico glyphosate 480 g l<sup>-1</sup>, com uma dose de 0,3 l ha<sup>-1</sup>.

A colheita do milho foi realizada manualmente aos 124 dias após o plantio (DAP), coletando-se todas as espigas da parcela útil, que correspondem a 2,0 m das quatro linhas centrais, totalizando 3,6 m<sup>2</sup> de área útil.

Foram coletados, antes da colheita, dados biométricos, como diâmetro de colmo, altura de inserção de espiga e altura de planta. Além disso, foram coletados dados de comprimento, largura e número de folhas para cálculo do Índice de Área Foliar – IAF, conforme modelo proposto por Antunes, Dourado-Neto & Fancelli (1997).



**FIGURA 1.** Dados pluviométricos da estação meteorológica da Fesurv (Universidade de Rio Verde), 2012, referentes a precipitação, temperatura e umidade relativa (UR) durante os meses de desenvolvimento da cultura do milho.

Para a determinação dos parâmetros de produção, amostraram-se dez espigas respectivas por parcela. Os parâmetros avaliados foram: massa de espiga; massa do sabugo; comprimento da espiga; diâmetro da espiga; massa de grãos da espiga; e peso total por parcela. Para determinar a produtividade de grãos, as espigas foram debulhadas manualmente e pesadas. Os resultados obtidos foram transformados para kg ha<sup>-1</sup>, corrigindo-se a umidade para 13% em base úmida.

Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância, sendo os efeitos dos tratamentos e das interações avaliados pelo teste F, enquanto que as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011) para processamento dos dados. Foi proposto um modelo matemático para estimar a quantidade ideal de N que não afete a eficácia da bactéria; isso com relação à produtividade.

**TABELA 1.** Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho distroférico, na camada de 0 - 20 cm de profundidade, antes da implantação do experimento.

Profundidade	(cm)	0 - 20 <sup>1</sup>
P	mg dm <sup>-3</sup>	29,14
Matéria Orgânica	g dm <sup>-3</sup>	41,04
pH	H <sub>2</sub> O	5,5
K	mmol dm <sup>-3</sup>	9,46
Ca		38,80
Mg		12,80
H + Al		77,55
S		61,06
T		138,61
Al		0,00
V	%	44,05
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	2,4
B		0,20
Cu		3,4
Fe		39,0
Mn		65,1
Textura		
Argila	%	33,87
Silte		14,88
Areia		51,26

<sup>1</sup>pH em água destilada, g (100 cm<sup>-3</sup>) de terra. Extrator de P, K e micronutrientes, Mehlich-I. T Capacidade de troca de cátions, S + H + Al. V Porcentagem de saturação de bases, V = 100 S T<sup>-1</sup>.

## Resultados e Discussão

A interação entre níveis de nitrogênio e de inoculação não foi significativa, demonstrando que estes fatores comportam-se de forma independente. A inoculação de *Azospirillum brasilense* não promoveu efeito significativo no diâmetro de colmo, na altura de inserção de espiga e na altura de planta (Tabela 2). É pertinente observar que, de maneira geral, as maiores plantas foram encontradas nos tratamentos em que foi realizada a inoculação, nas doses de 0, 25, 50 e 75%, demonstrando assim a capacidade de estimular o crescimento dessas bactérias. No entanto, esse estímulo tornou-se menor na dose de 100%, podendo-se dizer que houve equivalência entre as alturas das plantas nessa dose.

A produção de biomassa do milho está intimamente ligada à interceptação da radiação disponível.

No entanto, é necessária uma apropriada estrutura da planta para a obtenção de maiores níveis de crescimento. Assim sendo, no caso do índice de área foliar, não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em relação aos tratamentos, indicando uma adequada distribuição espacial das plantas na área e de disponibilidade de água (safrinha), o que foi muito relevante no que tange a alcançar um bom potencial de interceptação de energia radiante e grau de desenvolvimento da planta (Tabela 2).

A inoculação de *A. brasilense* também não promoveu efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no diâmetro de espiga e na massa de sabugo (Tabelas 2 e 3). No entanto, o comprimento de espiga na dose de 100% apresentou um incremento significativo ( $p > 0,05$ ), da ordem de 12,15% em relação à dose de 0%. De forma similar, Soares (2003) verificou que a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia (45% de

**TABELA 2.** Diâmetro de colmo, altura de inserção de espiga, altura de planta, índice de área foliar, comprimento e diâmetro de espiga na ausência ou na presença de inoculação de *A. brasilense* e em diferentes doses de N em cobertura.

FV	DC <sup>1</sup>	AIE	AP	IAF	CE	DE
	mm	m	m	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>	mm	mm
Híbrido DKB 390 YG RR2	44,29	1,12	2,12	5,63	156,35	48,96
Inoculação						
Sem	44,08 A	1,12 A	2,10 A	5,75 A	155,65 A	48,06 A
Com	44,50 A	1,13 A	2,15 A	5,54 A	157,05 A	49,84 A
N em cobertura (%)						
0	43,50	1,10	2,05	5,95	142,88	47,15
25	43,96	1,12	2,13	5,62	157,86	48,50
50	44,37	1,13	2,15	5,54	157,98	48,89
75	44,65	1,12	2,15	5,54	160,39	49,72
100	44,97	1,15	2,16	5,49	162,65	50,53

<sup>1</sup>Diâmetro de colmo (DC), altura de inserção de espiga (AIE), altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), comprimento de espiga (CE) e diâmetro de espiga (DE). Índice de área foliar obtido através do modelo proposto por Antunes, Dourado-Neto & Fancelli (1997). Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

N), proporcionou aumento médio de 22% no comprimento das espigas em relação aos tratamentos em que a aplicação de nitrogênio foi ausente (0 kg ha<sup>-1</sup> de N). Portanto, de maneira abrangente, o diâmetro de espiga e a massa de sabugo demonstraram ter baixa correlação e colaboração no rendimento total final no caso desse híbrido.

A aplicação de N em cobertura influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) a massa de espiga, sendo esse acréscimo de aproximadamente 35,25%, quando comparado à testemunha. A aplicação de N em cobertura também influenciou significativamente a massa de 1000 grãos e a produtividade de grãos, as quais alcançaram os melhores resultados na dose de 100% (Tabela 3). Os grãos mais pesados foram obtidos na dose de 100% de N e, em função disso, pode-se observar uma ação preponderante na massa de 1000 grãos, a qual, nessa dose, se mostrou superior a todas as outras, consequentemente tendo efeito direto

sobre a produtividade. A produção e a produtividade da cultura estão associadas ao número de grãos por fileira definidos por espiga, cujo comprimento máximo está condicionado às boas disponibilidades hídrica e de nutrientes (principalmente nitrogênio) e à integridade das folhas (reduzido ataque de pragas e doenças) (Fancelli & Dourado Neto, 2000). A massa de 1000 grãos e a produtividade, quando comparadas apenas com e sem, não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3).

A produtividade do híbrido mostrou-se crescente com o aumento da dose de N em cobertura (Figura 2). A maior produtividade, consequentemente, foi obtida na dose de 100%. Observou-se um acréscimo de 4,4% para cada aumento de 25% na dose de N. Entretanto, não se verificou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em relação a com e sem inoculação.

O desvio padrão das médias de produtividade apresentou valores baixos, indicando a pequena

**TABELA 3.** Produtividade, massa de 1000 grãos, de espiga e de sabugo na ausência ou na presença de inoculação de *A. brasilense* e em diferentes doses de N em cobertura.

FV	ME <sup>1</sup>	MS	M1000 grãos	Produtividade
	g	g	g	kg ha <sup>-1</sup>
Híbrido DKB 390 YG RR2	383,05	67,84	368,89	6697
Inoculação				
Sem	281,00 A	66,94 A	367,70 A	6594 A
Com	286,10 A	68,74 A	370,08 A	6800 A
N em cobertura (%)				
0	202,06	64,41	365,87	6184
25	292,05	66,78	367,56	6573
50	302,03	67,98	369,42	6883
75	307,05	69,53	372,71	7150
100	312,08	70,48	380,44	7571

<sup>1</sup>Massa de espiga (ME), Massa de sabugo (MS) e Massa de 1000 grãos (M1000 grãos). Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

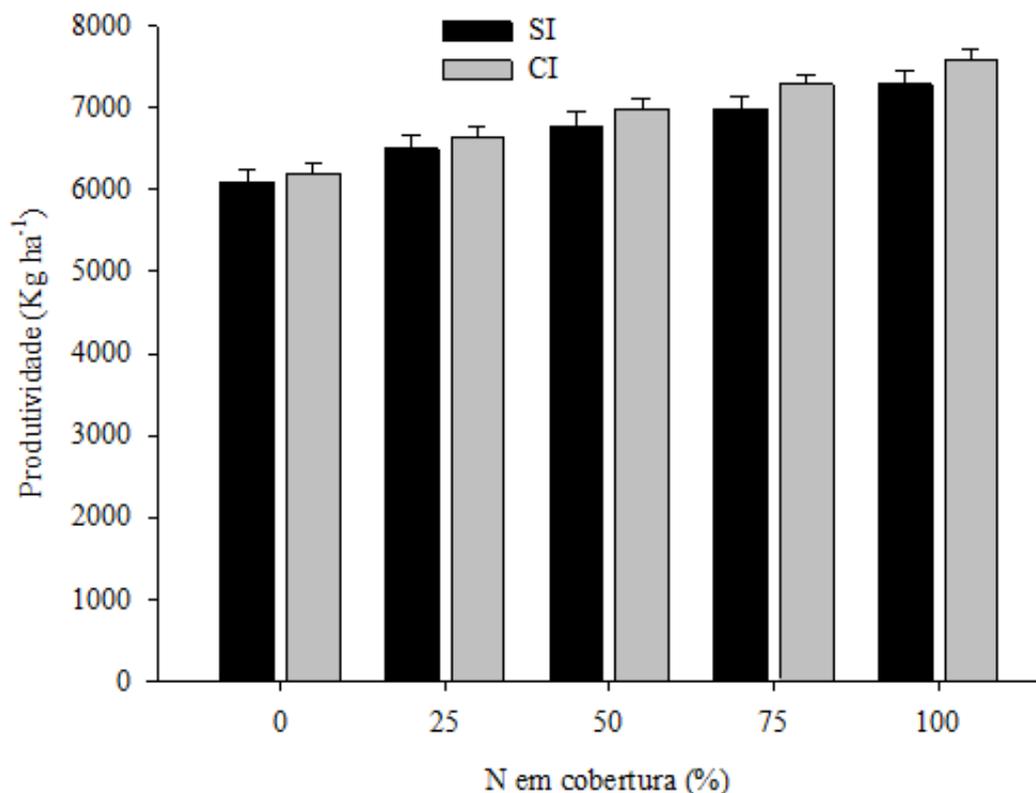
dispersão desses valores singulares ao redor da média. Assim, de maneira geral, essas médias não tiveram desempenho muito desigual (Figura 2). O milho, quando inoculado e nas doses de 75 e 100%, apresentou a menor quantidade de dispersão. Logo, expressou um desempenho mais regular do que os demais tratamentos.

As diferenças verificadas na produtividade entre os tratamentos com e sem inoculação vão se tornando cada vez maiores com o aumento da dose de N em cobertura, mas somente até a dose de 75%, quando não ocorre mais acréscimo nessa diferença. Isso em comparação com a dose de 100%, o que torna evidente uma relação entre doses de N em cobertura e inoculação.

Considerando a diferença entre os valores de produtividade do milho com e sem inoculação nas diferentes doses de N, pode-se verificar a ocorrência de incrementos significativos no milho inoculado

com *A. brasilense*. Isso possibilita estimar a dose de nitrogênio ideal, na qual a *A. brasilense* não terá o seu efeito afetado. Desse modo, avaliando a diferença de produtividade entre as doses de N do milho com e sem inoculação, levando também em consideração que na dose de 100% o efeito da bactéria é afetado, verifica-se que a dose ideal de N em cobertura para o milho com inoculação é de aproximadamente 89% da dose recomendada, valor no qual se encontra a produtividade máxima.

A dose de 89% de N em cobertura, comparando sem e com inoculação, proporciona aumento estimado de 5,5 sacas por hectare. Considerando-se a dose de 86,5%, verifica-se também que essa pode ser aumentada ou diminuída em 2,5% ( $86,5\% \pm 2,5\%$ ) sem apresentar diferença significativa na produtividade, sugerindo, assim, a seguinte fórmula:



**FIGURA 2.** Produtividade em função da dose de N em cobertura, SI: sem inoculação; CI: com inoculação.

$$DR_{MCI} = [(86,5\% \pm 2,5\%) \times DR] / 100$$

onde:

$DR_{MCI}$  = Dose recomendada de N para milho com inoculação (*A. brasilense*) ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

DR = Dose recomendada de N em cobertura ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

A alta produtividade do híbrido, juntamente com o ganho proveniente da inoculação tanto em sacas (5,5) quanto em redução na aplicação de N em cobertura (até 16%), gera ganhos socioeconômicos e ambientais, tornando, assim, a adoção dessa tecnologia bastante viável, bem como mais positiva a sua relação custo / benefício.

A produtividade esperada tendeu a ser mais facilmente alcançada em milho inoculado do que não inoculado, sugerindo melhor aproveitamento dos nutrientes pela planta, o que pode ter corroborado para uma melhoria no processo fotossintético devido ao incremento no conteúdo de clorofilas, resultando em plantas mais

verdes. Resultados semelhantes foram observados por Barassi et al. (2008) e Bashan et al. (2006).

### Conclusões

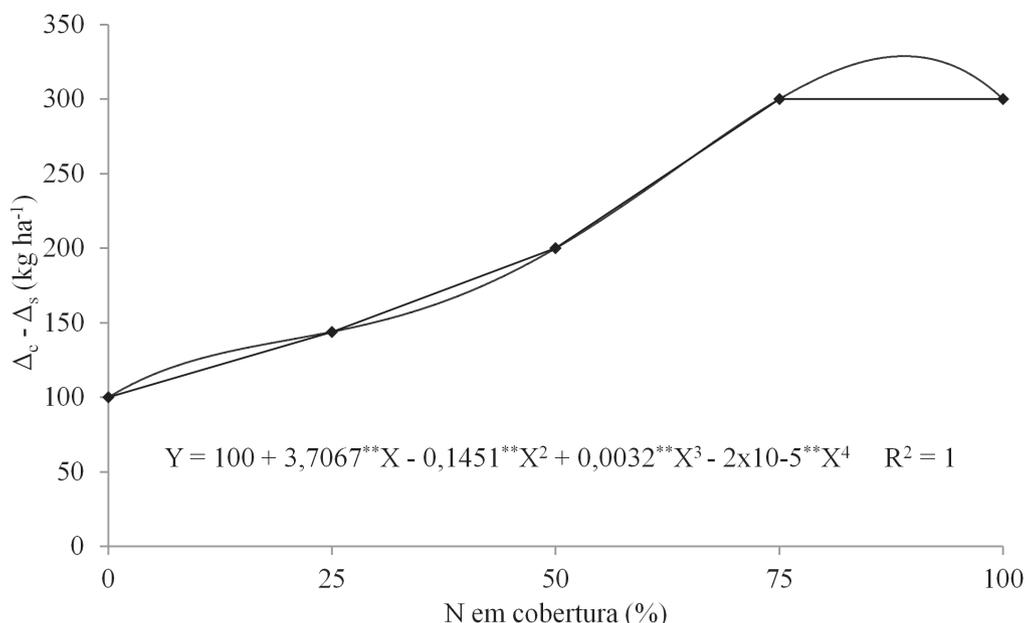
A dose ideal de N em cobertura para o milho com inoculação é de aproximadamente 89% da dose recomendada, podendo ser variada de 84 a 89% sem perda significativa na produtividade ou do efeito de *A. brasilense*.

O efeito de *A. brasilense* é afetado na dose de 100% de N em cobertura.

O milho inoculado com *A. brasilense* produziu 5,5 sacas a mais do que o milho sem inoculação.

### Referências

ANTUNES, P. M.; DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A. L. Método prático para



**FIGURA 3.** Diferenças entre os valores de produtividade do milho com e sem inoculação ( $\Delta_c - \Delta_s$ ) em função da dose de N em cobertura

- estimativa de índice de área foliar na cultura de milho (*Zea mays* L.). In: WORKSHOP ON SPECIAL TOPICS ABOUT SOIL PHYSICS AND CROP MODELING AND SIMULATION, 1997, Piracicaba, SP. **Anais...** Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 6).
- BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. Potencial de otimização de *Azospirillum* no crescimento das plantas em condições adversas. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). *Azospirillum sp.*: Fisiologia celular, as interações de plantas e pesquisa agrônômica na Argentina. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 49-59.
- BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J. J.; LEYVA, L. A.; HERNANDEZ, J.-P.; BACILIO, M. : Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in weath seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 42, p. 279-285, 2006.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, p. 521-577, 2004.
- BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 90, p. 45-47, 1989.
- CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Produção de fitormônio por *Azospirillum sp.* aspectos fisiológicos e tecnológicos de promoção de crescimento vegetal. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.*: Fisiologia celular, as interações de plantas e pesquisa agrônômica na Argentina. Buenos Aires: Associação Argentina de Microbiologia, 2008. p. 61-86.
- CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: Grãos, segundo levantamento, julho/2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_07\\_09\\_09\\_04\\_53\\_boletim\\_graos\\_junho\\_\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_09_04_53_boletim_graos_junho__2013.pdf)>. Acesso em: 22 jul. 2013.
- CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.*: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 87-95.
- DÖBEREINER, J.; DAY, J. M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION, 1., 1976, Washington. **Proceedings...** Pullman: Washington State University Press, 1976. p. 518-538.
- DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 22, p. 1464-1473, 1976.
- DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F.O. Nitrogen-fixing bacteria in nonleguminous crop plants. **Madison**: Springer Verlag, 1987. p. 1-155.

- (Brock/Springer series in contemporary bioscience).
- FANCELLI, A. L. Fenologia, fisiologia da produção e implicações práticas de manejo. In: **Milho: produção e produtividade**, Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2011, p. 1-34.
- FANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FANCELLI, A. L. ; DOURADO-NETO, D., (Ed.). **Milho: Estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 174-197.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, 2000. 360 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, M. C. B.; FERNANDES, M. S.; DÖBEREINER, J. Role of *Azospirillum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 4, p. 47-53, 1987.
- GARCIA DE SALOMONE, I. E.; DÖBEREINER, J. Maize genotype effects on the response to *Azospirillum* inoculation. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, p. 193-196, 1996.
- 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. Regulação da fixação de nitrogênio em *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp.: Fisiologia celular, as interações de plantas e pesquisa agrônômica na Argentina**. Buenos Aires: Associação Argentina de Microbiologia, 2008. p. 17-35.
- 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**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiologia, 2008. p. 17-35.
- OHLAND, R.A.A.; SOUZA, L.C.F.; HERNANI, L.C.; MARCHETTI, M.E. & GONÇALVES, M.C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ci. Agrotec.**, 29:538-544, 2005.
- PERRIG, D.; BOIERO, L.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; CASSÁN, F.; LUNA, V. Plant growth promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and their implications for inoculant formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 75, p. 1143-1150, 2007.
- REIS JUNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v. 32, p. 1139-1146, 2008.
- RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, Berlin, v. 91, p. 552-555, 2004.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro**

- de classificação de solos.** Rio de Janeiro, : Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SOARES, M. A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.).** 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, Jena, v. 149, p. 55-60, 1994.
- TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal.** Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3. ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, 719 p.
- 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**, Ottawa, v. 24, p. 967-980, 1978.
- TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 37, p. 1016-1024, 1979.