

## Produtividade do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de N<sup>(1)</sup>

**Ademir Sérgio Ferreira de Araujo<sup>(2)</sup>; Lenildo Tavares Sousa<sup>(3)</sup>; Ana Roberta de Miranda<sup>(4)</sup>;  
Luis Alfredo Pinheiro Leal Nunes<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq e FAPEPI.

<sup>(2)</sup> Professor, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí; Teresina, PI; E-mail: [asfaruaj@yahoo.com.br](mailto:asfaruaj@yahoo.com.br); [lalnunes@yahoo.com.br](mailto:lalnunes@yahoo.com.br); <sup>(3)</sup> Estudante de graduação, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí; Teresina, PI; E-mail: [lenildotavaresdesousa@gmail.com](mailto:lenildotavaresdesousa@gmail.com); <sup>(4)</sup> Mestranda em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí; Teresina, PI; E-mail: [anarobertamiranda@yahoo.com.br](mailto:anarobertamiranda@yahoo.com.br)

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada sobre a produtividade do milho verde. O estudo foi conduzido no município de Teresina, PI em 2011 e 2012, e os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso sob arranjo fatorial de 5 x 2, sendo cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha<sup>-1</sup>) e dois tratamentos microbiológicos (com e sem inoculação). No tratamento com inoculação foi utilizado um produto formulado contendo *A. brasilense*. Houve aumento significativo no número e na massa das espigas comerciais com a inoculação de *A. brasilense* em relação ao tratamento sem inoculação. A combinação de inoculação de sementes com *A. brasilense* e adubação nitrogenada aumenta em mais de 30% a produção de espigas comerciais de milho verde.

**Termos de indexação:** Fixação de N<sub>2</sub>. *Zea mays*. Adubação.

### INTRODUÇÃO

O milho verde tem importância alimentar através do seu consumo nas formas cozida, assada ou processada e, devido sua aceitação e valor agregado, costuma atingir melhores preços de mercado do que o milho grão, tornando-se uma alternativa viável, principalmente para pequenos produtores (Santos et al., 2005). Entretanto, baixos níveis de produtividade têm sido obtidos em diversos locais e uma das principais causas é a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente N (Oliveira et al., 2009). Por outro lado, a cultura pode se beneficiar do processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) e, desta forma, reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados.

A FBN é um processo de transformação do N<sub>2</sub> na forma inorgânica combinada NH<sub>3</sub> sendo é realizado por microrganismos conhecidos por fixadores de N<sub>2</sub> ou diazotróficos (Novakowiski et al., 2011). Neste caso, bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*, fixadoras de nitrogênio atmosférico, associam-se à rizosfera do milho e podem contribuir com a nutrição

nitrogenada da cultura (Figueiredo et al., 2009). Contudo, os estudos mostram que a contribuição desta bactéria para a produção de milho têm mostrado resultados contrastantes (Hungria et al., 2010; Bartchechen et al., 2010; Godoy et al., 2011). Godoy et al. (2011) utilizaram inoculante com *Azospirillum brasilense* e não encontraram respostas positivas da inoculação sobre a produtividade do milho. Já Hungria et al. (2010) avaliaram o uso de *A. brasilense* sobre o milho e encontraram um aumento em 30% na produtividade em relação ao controle sem inoculação. No caso do milho verde não há trabalhos relacionados ao uso do *Azospirillum* e o efeito sobre a produtividade da cultura. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com *A. brasilense*, associada à adubação nitrogenada, sobre a produtividade de milho verde.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (05° 05' S; 42° 48' W, 75 m), nos meses de outubro a dezembro, em 2011 e 2012. O solo é classificado como Argissolo amarelo e o clima é do tipo Aw', tropical chuvoso (precipitação anual de 1000 mm distribuídas em janeiro a abril). As características químicas do solo antes da instalação dos experimentos, em 2011 e 2012, foram: pH 6,4 e 6,7; matéria orgânica 8,5 e 9,6 g kg<sup>-1</sup>; P, 12 e 10 mg dm<sup>-3</sup>; K, 0,15 e 0,11 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca, 1,4 e 1,6 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg, 0,6 e 0,5 cmolc dm<sup>-3</sup> e CTC 3,8 e 4,1 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

Em cada ano, o solo foi preparado por meio de aração e gradagem leve e adubado com P e K (80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato simples, e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio). Os tratamentos constaram de cinco níveis de N, na forma de uréia (0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha<sup>-1</sup>) e dois tratamentos microbiológicos (com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*). O N foi parcelado em três vezes (no plantio e em duas

coberturas aos 25 e 40 dias após a emergência). No tratamento com inoculação foi utilizado inoculante "Masterfix® Gramíneas" contendo *Azospirillum brasilense* na concentração de  $1,0 \times 10^9$  células g<sup>-1</sup>. A inoculação foi feita utilizando-se dosagem de 500 g de inoculante para 50 kg de sementes.

As parcelas experimentais tiveram dimensões de 3,2 x 5,0 m e constaram de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, tendo como área útil às duas fileiras centrais. O espaçamento entre fileiras foi de 0,8 m. Dentro da fileira, o espaçamento foi de 0,2 m entre covas, o que resultou em 25 covas por fileira, onde foram colocadas duas sementes por cova do milho híbrido (AG1051). A semeadura foi realizada manualmente na primeira quinzena de outubro de cada ano. O desbaste foi feito aos dez dias após o plantio, deixando-se uma planta por cova. A irrigação por aspersão, com turno de rega diário, foi realizada utilizando uma lâmina d'água crescente com o desenvolvimento das plantas, atingindo a ordem de 8 mm diários entre os estádios V18 e R3. A colheita foi realizada aos 80 dias após o plantio, tomando como área útil às duas linhas centrais, eliminando 0,5 m nas extremidades. Na colheita avaliou-se o número e a massa de espigas comerciais empalhadas (determinado em dez espigas tomadas ao acaso na parcela). Os dados foram analisados em delineamento experimental de blocos casualizados em arranjo fatorial 5 x 2, com quatro repetições, e submetidos à análise de variância e regressão empregando-se o programa ASSISTAT (versão 7.4 beta) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para inoculação, doses de N e para a interação inoculação x doses de N sobre as variáveis analisadas. Estes resultados indicam que houve comportamento diferenciado do milho verde para os componentes de produtividade pelo uso da inoculação e dos diferentes níveis de N, isoladamente ou em conjunto.

O número e a massa das espigas apresentaram valores superiores para o tratamento com inoculação da semente quando comparado com o tratamento sem a bactéria. Independente da adubação com N, o tratamento com inoculação apresentou valores médios de  $15,2 \text{ mil ha}^{-1}$  e  $6,2 \text{ t ha}^{-1}$ , para o número e a massa de espigas, respectivamente (Tabela 1). No tratamento sem inoculação, os valores médios para número e a

massa de espigas foram de  $9,5 \text{ mil ha}^{-1}$  e  $3,6 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente.

Estes resultados indicam que houve efeito positivo da inoculação com *A. brasilense* sobre a produtividade do milho verde e mostram incrementos significativos na ordem de 50 a 60% na massa e número de espigas, respectivamente. Os valores são superiores aos obtidos em outros estudos com inoculação de *A. brasilense* em milho onde os aumentos variaram de 5 a 30% (Diaz-zorita & Fernandez Canigia, 2008; Hungria et al., 2010; Bartchechen et al., 2010).

Em relação aos níveis de N utilizados, os resultados mostram que, na média, houve um incremento significativo no número e na massa das espigas com o uso do nutriente (Tabela 1). Este efeito positivo do N sobre o rendimento do milho já é bastante conhecido e reforçam a importância do elemento para a cultura. Segundo Bredemeier & Mundstock (2000), o N atua diretamente no desenvolvimento do milho influenciando o rendimento da planta mais do que qualquer outro nutriente.

A análise conjunta entre os tratamentos microbiológicos e os níveis de N mostrou, na média, que com a inoculação os valores máximos estimados, nos dois anos, foram de  $22,5 \text{ mil ha}^{-1}$  e  $7,9 \text{ t ha}^{-1}$  de espigas com a aplicação de aproximadamente  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Figura 1). No tratamento sem inoculação, os valores máximos estimados, nos dois anos, foram de  $15,1 \text{ mil ha}^{-1}$  e  $5,8 \text{ t ha}^{-1}$  de espigas com a aplicação de aproximadamente  $210 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Desta forma, a inoculação com *Azospirillum* promoveu, além de um aumento significativo na produtividade, uma redução de aproximadamente  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Os resultados mostraram, ainda, que os maiores valores de número e massa de espigas foram obtidos com o uso da inoculação associado a altas doses de N. Isto indica que a resposta da planta não ocorre apenas em razão do N<sub>2</sub> fixado, mas, também pela maior eficiência de absorção de N mineral do solo (Dobbelaere et al., 2003). Isto sugere que o *A. brasilense* libera substâncias estimulantes do sistema radicular da cultura melhorando a eficiência do uso do N do solo (Hungria et al., 2010; Novakowski et al., 2011).



## CONCLUSÕES

A inoculação das sementes com *A. brasilense* aumenta em aproximadamente 50% a produção de espigas comerciais de milho verde.

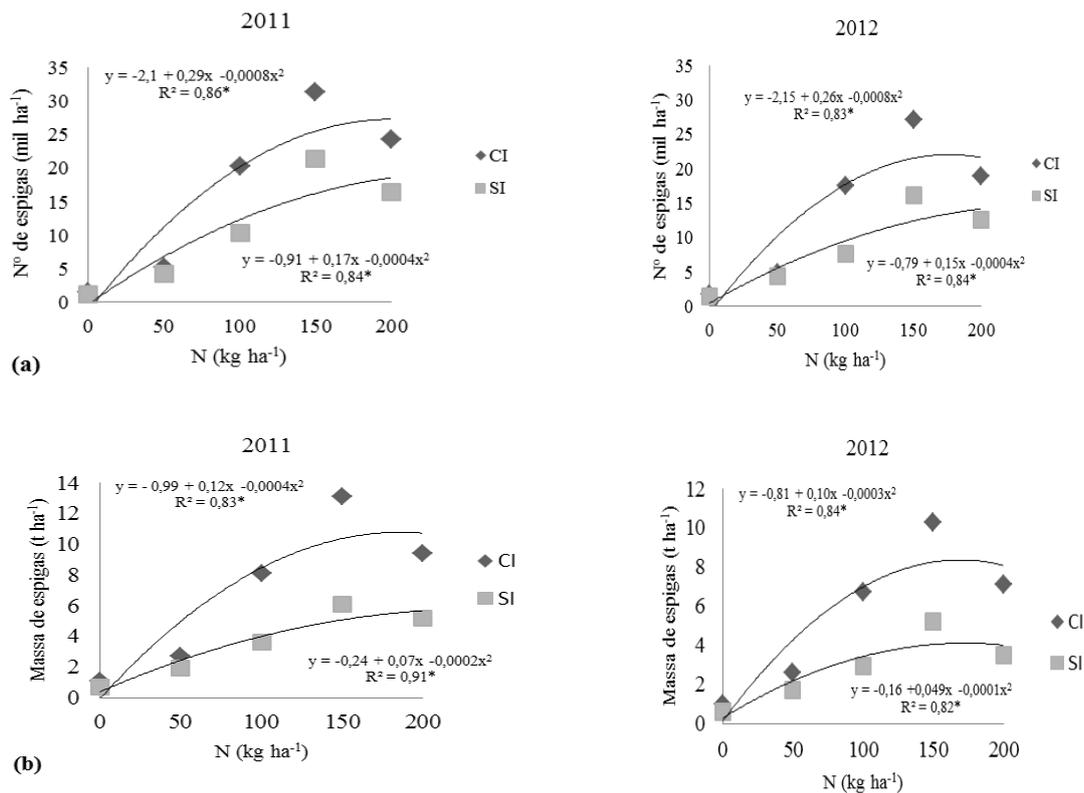
A combinação de inoculação de sementes com *A. brasilense* e N aumenta em mais de 30% a produção de espigas comerciais de milho verde com economia de 25% na adubação nitrogenada.

## REFERÊNCIAS

- BREDEMEIER, C. & MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, 30:365-372, 2000.
- BARTCHECHEN, A. et al. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L) *Campo Digital*, 5:56-59, 2010.
- DÍAZ-ZORITA, M. & FERNANDEZ CANIGIA, M.V. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasilense* en la República Argentina. *Critical Review in Plant Science*, 22:107-149, 2003.
- FIGUEIREDO, M.V.B. et al. Potential Impact of biological Nitrogen Fixation and Organic Fertilization on Corn Growth and Yield in Low External Input Systems. In: DANFORTH, A.T. (ed.) *Corn Crop Production Growth, fertilization and Yield*. New York, Nova Science Publisher, 2009, p. 227-255.
- GODOY, J.C. et al. Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. *Campo Digital*, 6:26-30, 2011.
- HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, 331:413-425, 2010.
- OLIVEIRA, F.A. et al. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4:238-244, 2009.
- SANTOS, I.C. et al. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 4:45-53, 2005.
- NOVAKOWISKI, J.H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 32:1687-1698, 2011.

**Tabela 1.** Número e massa de espigas comerciais de milho verde com (CI) e sem (SI) inoculação de *Azospirillum brasilense* e cultivado em solo sob diferentes níveis de N. Aos 80 dias após a emergência.

| Dose<br>(kg/ha N) | Número<br>(mil ha <sup>-1</sup> ) |          | Média |         | Massa<br>(t ha <sup>-1</sup> ) |     | Média |
|-------------------|-----------------------------------|----------|-------|---------|--------------------------------|-----|-------|
|                   | CI                                | SI       | CI    | SI      | CI                             | SI  |       |
| 2011              |                                   |          |       |         |                                |     |       |
| 0                 | 1,5 eA                            | 1,2 eB   | 1,4   | 1,1 eA  | 0,7 eB                         | 0,9 |       |
| 50                | 5,2 dA                            | 4,2 dB   | 4,7   | 2,7 dA  | 1,9 dB                         | 2,3 |       |
| 100               | 20,3 cA                           | 10,3 cB  | 15,3  | 8,1 cA  | 3,6 cB                         | 5,8 |       |
| 150               | 31,3 aA                           | 21,3 baB | 26,3  | 13,1 aA | 6,1 aB                         | 9,6 |       |
| 200               | 24,3 bA                           | 16,3 bB  | 20,3  | 9,4 bA  | 5,2 bB                         | 7,3 |       |
| Média             | 16,5                              | 10,7     | -     | 6,8 a   | 3,5 b                          | -   |       |
| 2012              |                                   |          |       |         |                                |     |       |
| 0                 | 1,7 eA                            | 1,4 eB   | 1,5   | 1,0 dA  | 0,6 dB                         | 0,8 |       |
| 50                | 4,9 dA                            | 4,3 dB   | 4,6   | 2,6 cA  | 1,7 cB                         | 2,1 |       |
| 100               | 17,5 cA                           | 7,6 cB   | 12,5  | 6,7 bA  | 2,9 bB                         | 4,8 |       |
| 150               | 27,1 aA                           | 16,1 aB  | 21,6  | 10,3 aA | 5,2 aB                         | 7,7 |       |
| 200               | 18,8 bA                           | 12,6 bB  | 15,7  | 7,1 bA  | 3,5 bB                         | 5,3 |       |
| Média             | 14,0                              | 8,4      | -     | 5,5 a   | 3,8 b                          | -   |       |



**Figura 1.** Número (a) e massa (b) de espigas comerciais com (CI) e sem inoculação (SI) de *Azospirillum brasilense* e cultivado em solo sob diferentes níveis de N. \*significativo a 5%.