

Produtividade do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de N⁽¹⁾

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

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e FAPEPI.

⁽²⁾ Professor, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí; Teresina, PI; E-mail: asfaruaj@yahoo.com.br; lalnunes@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Estudante de graduação, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí; Teresina, PI; E-mail: lenildotavaresdesousa@gmail.com; ⁽⁴⁾ Mestranda em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí; Teresina, PI; E-mail: 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⁻¹) 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 N₂. *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 N₂ na forma inorgânica combinada NH₃ sendo é realizado por microrganismos conhecidos por fixadores de N₂ 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⁻¹; P, 12 e 10 mg dm⁻³; K, 0,15 e 0,11 cmolc dm⁻³; Ca, 1,4 e 1,6 cmolc dm⁻³; Mg, 0,6 e 0,5 cmolc dm⁻³ e CTC 3,8 e 4,1 cmolc dm⁻³, respectivamente.

Em cada ano, o solo foi preparado por meio de aração e gradagem leve e adubado com P e K (80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, 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⁻¹) 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⁻¹. 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 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 kg ha^{-1} de N. Desta forma, a inoculação com *Azospirillum* promoveu, além de um aumento significativo na produtividade, uma redução de aproximadamente 50 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 N₂ 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 (kg/ha N)	Número (mil ha ⁻¹)		Média		Massa (t ha ⁻¹)		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	-	

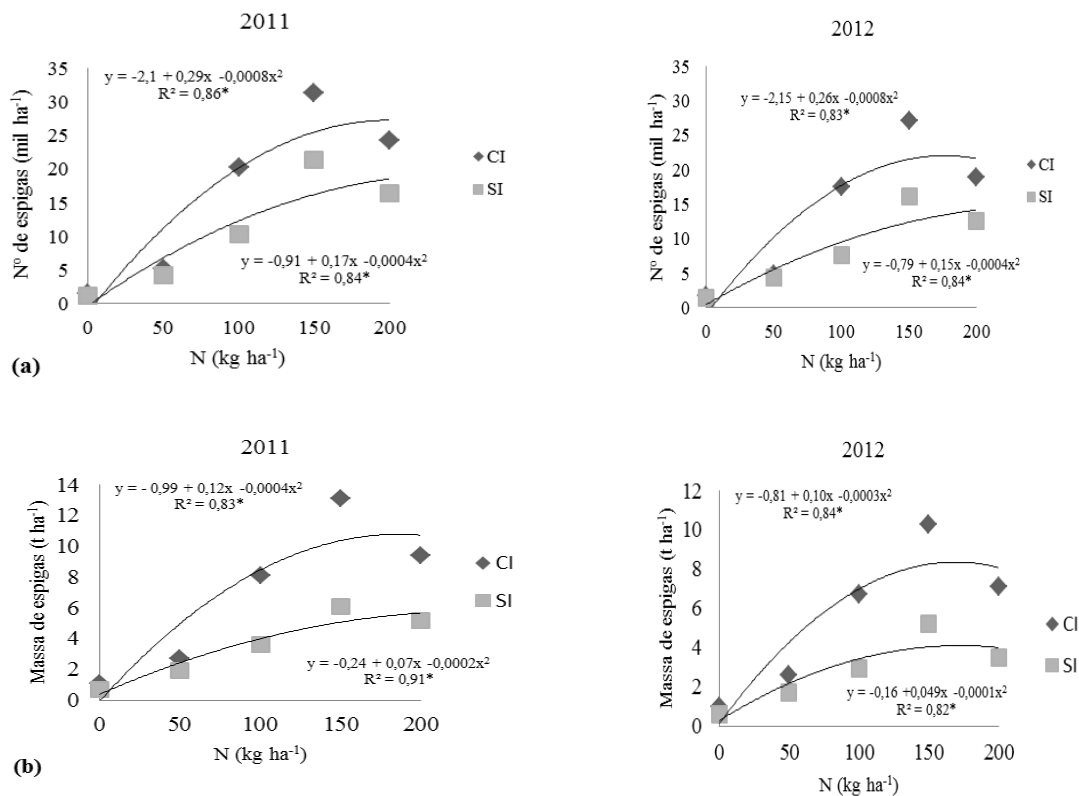


Figura 1. Número (a) e massa (b) de espigas comerciais com (CI) e sem inoculação (SI) de *Azospirillum brasilense* e cultivado em solo sob diferentes níveis de N. *significativo a 5%.