

# Produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio cultivado em campo no Brasil

## Productivity of maize inoculated with *Azospirillum brasilense* with different doses of nitrogen cultivated in Brazilian field

Vivian J. Szilagyi-Zecchin<sup>1,\*</sup>, Ivanildo E. Marriel<sup>2</sup> e Paulo R. F. da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, Nodusoja Indústria e Comércio LTDA, Rua Alfredo Tomacheschi, 171, CEP:83407-330, Colombo, Paraná, Brasil

<sup>2</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, CEP:35701-970, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Plantas de Lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP: 91540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

(\*E-mail: vivian@nodusoja.com.br)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA17142>

Recebido/received: 2017.06.09

Recebido em versão revista/received in revised form: 2017.07.31

Aceite/accepted: 2017.08.01

### RESUMO

Avaliou-se em campo a produtividade do milho inoculado com *A. brasilense* e doses de nitrogênio. Os tratamentos com nitrogênio (N) utilizaram as dosagens de 0%, 50% e 100% N (a dose completa varia de 100 a 120 kg N ha<sup>-1</sup> em cobertura), combinados com sementes sem inoculação, inoculadas com duas estirpes (Ab-V5 e Ab-V6) e inoculadas somente com Ab-V5. Em média, a dose de 0% N com Ab-V5, mostrou melhor desempenho produtivo, sendo equivalente ao uso de 50% N sem inoculante. Com uso de 50% N, os dois inoculantes promoveram as maiores produtividades, comparado com as plantas não inoculadas, igualando-se ao obtido com uso de 100% N sem inoculação.

**Palavras-chave:** inoculação, bactéria diazotrófica, Ab-V5, *Zea mays*, rendimento.

### ABSTRACT

The yield of corn inoculated with *A. brasilense* and nitrogen doses was evaluated in the field. In the treatments with nitrogen (N) it was used 0%, 50% and 100% of N (the usual dose ranges from 100 to 120 kg N ha<sup>-1</sup>), combined with seeds without inoculation, inoculated with two strains (Ab-V5 and Ab-V6) and inoculated only with Ab-V5. On average, the dose of 0% N with Ab-V5, showed better productive performance, being equivalent to the use of 50% N without inoculant. With the use of 50% N, the two inoculants promoted the highest yields, compared to the uninoculated plants, similar to that obtained with 100% N without inoculation.

**Keywords:** inoculation, diazotrophic bacteria, Ab-V5, *Zea mays*, yield.

Na cultura do milho o nutriente mais exigido é o nitrogênio (N), e a sua falta pode vir a ser um fator limitante da produtividade. No entanto este elemento tem baixo índice de aproveitamento pelas plantas, raramente ultrapassando 50% (Hungria *et al.*, 2007).

Frente a isso, vem se buscando alternativas biológicas para auxiliar no suprimento de N, como o uso de bactérias do gênero *Azospirillum*. Este

gênero possui capacidade de fixação biológica de nitrogênio (Dobbelaere *et al.*, 2001) além de outras habilidades como a produção de hormonas (Szilagyi-Zecchin *et al.*, 2015).

Este trabalho teve como objetivo avaliar, em condições de campo, a eficiência da aplicação de inoculantes formulados com *A. brasilense* na cultura do milho cultivado com diferentes doses de nitrogênio.

Os experimentos foram conduzidos em quatro locais (Quadro 1), em delineamento de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e com quatro repetições. Os tratamentos (T) combinaram doses de nitrogênio (N) em cobertura (0%, 50% e 100%) e inoculação com duas estirpes Ab-V5 e Ab-V6 (2E) ou somente Ab-V5 (1E) (Nodusoja® [Brasil]), o controle foi feito sem inoculação (SI) e 0% N.

A colheita foi manual e avaliou-se nos quatro locais: massa seca da parte aérea (MSPA) (de quatro plantas) e do grão (peso de 1000 grãos) (MSG) por secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C; teor de nitrogênio (N %) da MSPA e MSG pelo método semimicro Kjeldahl; teor de proteína bruta no grão; e produtividade corrigida para 13% de umidade.

**Quadro 1** - Descrição dos locais de implantação dos experimentos, de cultivo de milho à campo, quanto aos aspectos ambientais e de solo

Local	Características Edafoclimáticas				Características químicas do solo, profundidade de 0-20 cm					
	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Clima	Solo	pH (água)	fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	potássio (mg dm <sup>-3</sup> )	CTC pH 7,0 (cmolc kg <sup>-1</sup> )	matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )
Sete Lagoas	19°27'57"	44°15'08"	730	Cwa	latossolo vermelho distrófico	5,4	20,8	59,0	10,2	2,1
Santo Antônio de Goiás	16°28'00"	49°17'00"	823	Aw	latossolo vermelho distrófico	5,5	20,9	113,6	9,3	2,0
Sinop	11°50'53"	55°38'57"	380	Aw	latossolo vermelho amarelo distrófico	7,1	22,2	58,5	5,8	3,7
Eldorado do Sul	30°05'02"	51°36'58"	18	Cfa	argissolo vermelho distrófico	5,7	33,0	164,0	8,4	2,4

Na adubação de semeadura usou-se 20, 120 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo) e K<sub>2</sub>O (óxido de potássio), respectivamente. A adubação de cobertura, com dose completa, ocorreu no estádio V5 com 120 kg ha<sup>-1</sup> em Sete Lagoas e Santo Antônio de Goiás, e 100 kg ha<sup>-1</sup> em Sinop e Eldorado do Sul. Portanto as quantidades de nitrogênio (com dose completa) existentes após adubação de cobertura em cada área foram compostas pelo total de matéria orgânica no solo, adubação de semeadura e adubação de cobertura e expressas em kg N ha<sup>-1</sup> respectivamente: Sete Lagoas 182 (42, 20 e 120); Santo Antônio de Goiás 180 (40, 20 e 120); Sinop 194 (74, 20 e 100); e Eldorado do Sul 168 (48, 20 e 100).

Ambos os inoculantes foram sempre usados na concentração de 2x10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup>, sendo a dose utilizada de 100 mL para cada 20 kg de semente. As sementes, depois de inoculadas, foram homogeneizadas, deixadas secar à sombra e imediatamente semeadas. As estirpes encontram-se depositadas na "Coleção de Cultura de Bactérias Diazotróficas e Promotoras do Crescimento de Plantas", Embrapa Soja, Londrina, Paraná.

As variáveis analisadas que não apresentaram diferenças estatísticas significativas não foram apresentadas no Quadro 2.

Em Sete Lagoas a MSPA foi superior nos tratamentos com 50% e 100% N com 1E (T6 e T9). A produtividade aumentou com a inoculação de uma estirpe nas doses 0% e 50% N (T3 e T6), com incrementos na ordem de 954,89 e 495,02 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente considerando o mesmo nível de N. O mesmo padrão foi observado quando se compara 50% N e 2E (T6) com os tratamentos com 100% N inoculadas ou não (T7, T8, T9).

Na área de Santo Antônio de Goiás a MSG com 100% N e 1E ou 2E foi superior aos demais tratamentos. O teor de N no grão apresentou-se maior com 100% de N. Houve incrementos na produtividade com 100% N e inoculação (T8 e T9) com aumentos de 661,48 e 1153,45 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente quando comparado com T7.

Em Sinop-MT a MSG com 100% N e 1E ou 2E (T8 e T9), apresentaram incrementos quando comparados com o tratamento 100% N e SI. A maior produtividade foi observada em T9 (100% N e 1E),

**Quadro 2** - Variáveis morfológicas e produtividade dos quatro locais de cultivo. (N) nitrogênio, (SI) sem inoculação, (2E) duas estirpes Ab-V5 e Ab-V6, (1E) uma estirpe Ab-V5. Utilizaram-se os seguintes genótipos de milho: Sete Lagoas, híbrido simples BRS1035; Santo Antônio de Goiás e Sinop, híbrido simples DKB 390 VT; e Eldorado do Sul, híbrido simples Celeron TL. A produtividade em kg de grãos por hectare foi corrigida para 13% de umidade

	Sete Lagoas			Santo Antonio de Goiás			Sinop			Eldorado do Sul			Media	
	Massa seca da parte aérea**	N (%) parte aérea**	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa seca do grão	N (%) do grão	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa Seca do grão	N (%) do grão	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa seca da parte aérea**	N (%) da parte aérea**	N (%) do grão**		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
T1 - 0% N + SI	578,00 b	1,31 c	5634,75 c	266,11 b	1,20 b	8065,39 d	237,69 c	1,68 b	6263,87 c	762,67 c	1,15 c	1,69 b	4190,00 c	6038,50 d
T2 - 0% N + 2E	606,79 b	1,33 c	5292,18 c	271,72 b	1,16 b	8292,83 d	238,85 c	1,72 b	6505,75 c	818,92 b	1,16 c	1,67 b	4367,50 c	6060,61 d
T3 - 0% N + 1E	617,83 b	1,36 c	6580,64 b	272,87 b	1,24 b	8235,31 d	247,06 c	1,75 b	6289,92 c	919,00 b	1,18 c	1,71 b	4520,00 c	6460,42 c
T4 - 50% N + SI	648,76 b	1,53 b	6393,14 b	289,69 b	1,26 b	8765,04 c	217,05 d	1,71 b	5715,31 d	920,75 b	1,37 b	1,59 b	6517,50 b	6847,75 c
T5 - 50% N + 2E	581,63 b	1,50 b	6398,79 b	288,25 b	1,24 b	8659,42 c	252,13 c	1,69 b	6679,22 c					7245,81 b
T6 - 50% N + 1E	732,50 a	1,46 b	7014,81 a	285,92 b	1,30 b	8723,81 c	253,81 c	1,71 b	6639,94 c	1162,75 a	1,57 b	1,77 b	6992,50 b	7342,77 b
T7 - 100% N + SI	633,03 b	1,62 a	6978,95 a	278,98 b	1,40 a	8447,60 d	246,04 c	1,87 a	6905,00 b	1067,25 a	1,62 a	1,97 a	8302,50 a	7658,51 b
T8 - 100% N + 2E	634,50 b	1,65 a	6738,19 a	317,00 a	1,48 a	9109,08 b	261,94 b	1,96 a	6473,52 c					7440,26 b
T9 - 100% N + 1E	671,05 a	1,58 a	6844,63 a	301,07 a	1,49 a	9601,05 a	283,50 a	1,87 a	7476,54 a	1110,00 a	1,73 a	2,13 a	8460,00 a	8095,56 a
CV %	6,67	5,41	5,33	6,22	11,46	2,27	5,79	7,06	5,02	8,38	8,58	9,11	8,51	5,67

Scott-Knott \*\*\*1%

com 571,54 Kg ha<sup>-1</sup> a mais quando comparado com T7.

Para Eldorado do Sul foi visto que 0 e 50% N e inoculação mostraram-se superiores às plantas não inoculadas. A produtividade em Eldorado do Sul foi incrementada numericamente (~400 kg ha<sup>-1</sup>) mediante a inoculação, mas diferenças estatísticas não foram constatadas.

Na média dos quatro locais, as melhores produtividades ocorreram com inoculação e 50% N, que não diferiram de 100% N sem inoculação. A inoculação com 0% N e 1E apresentou a mesma produtividade de 50% N sem inoculação.

Na relação *A. brasilense* e plantas de milho, o sítio alvo das alterações morfofisiológicas pode ser a parte aérea, e que no presente trabalho foi observado por aumento MSPA em Sete Lagoas e Eldorado do Sul, mas que não necessariamente se refletiu em maior produtividade. Corroborando, Costa *et al.* (2015) encontraram respostas semelhantes envolvendo milho e as mesmas estirpes e Quadros *et al.* (2014) com outras espécies de *Azospirillum*.

Didonet *et al.* (1996) citam que há evidências de que *A. brasilense* aumente o acúmulo de matéria seca, principalmente quando as plantas são cultivadas com altas doses de nitrogênio, o que pode estar relacionado com o aumento da atividade das enzimas fotossintéticas e assimilação de nitrogênio. Ou ainda pode ter relação com o mecanismo de alongamento celular proporcionado por ação de

auxinas. Estas atuam com enzimas que aumentam a plasticidade da parede celular, causando alongamento (Taiz e Zeiger, 2004).

Mesmo com uma inoculação uniforme, os resultados variaram entre os locais. Isso baseia-se nos fatos de que a eficiência da inoculação para produção de grãos varia de acordo com o genótipo da planta, solo e ambiente. E também depende do genótipo do milho, pois o benefício da inoculação pode ser observado em diferentes partes da planta, como parte vegetativa ou grãos (Quadros *et al.*, 2014).

A produtividade média dos quatro locais foi de 34% quando se compara o melhor tratamento T9 (100% N e 1E) com T1 (0% N e SI). Dentro deste mesmo sistema de comparação, plantios de milho inoculados com as mesmas estirpes e concentração obtiveram aumento de 36% (Costa *et al.*, 2015) e 27% (Hungria *et al.*, 2010).

Comparando-se a produtividade no nível de 0% N, uma das localidades estudadas (Sete Lagoas) apresentou um aumento de 946 kg ha<sup>-1</sup> (com 1 estirpe). Isso pode ter corrido pelo aumento no número de grãos, uma vez que a massa seca dos grãos não apresentou diferenças significativas. Já Quadros *et al.* (2014) constataram que *A. brasilense* aumentou o peso dos grãos, chegando a acréscimos de 750 kg ha<sup>-1</sup>.

Quando se usou 50% N, um maior número de locais responderam à inoculação. Assim, nos locais Sete Lagoas (usando uma estirpe) e Sinop (independente das estirpes), o aumento da produtividade

foi reflexo do aumento da massa seca de grãos, com acréscimos de 612 e 944 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Santa *et al.* (2004) constataram rendimentos equivalentes com milho e *Azospirillum* usando uma dose intermediária de N e inoculação.

Com uso de 100% N e inoculação, verificou-se que dois locais apresentaram incrementos na produtividade devido ao aumento da massa seca dos grãos. Em Santo Antonio de Goiás foi de 908 kg ha<sup>-1</sup> (ambas as estirpes) e em Sinop foi de 571 kg ha<sup>-1</sup> (com uma estirpe). Costa *et al.* (2015), observaram ganhos de mais de 1000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos com 100% N que foi constatado pelo aumento da massa de 1000 grãos e tamanho da espiga. Igualmente, Andrade *et al.* (2016) registraram que o uso de Ab-V5 e 100% N, melhorou a produtividade em 1.080 kg ha<sup>-1</sup>.

A inoculação de *Azospirillum brasilense* em milho, no Brasil, há algum tempo que vem sendo referida como promissora, mostrando-se útil tanto para elevar a produção de grãos em 24-30% (Hungria *et al.*, 2010), como para reduzir a dose de adubação nitrogenada em 40% (Santa *et al.*, 2004).

Em média as quatro localidades, apresentaram ganhos significativos quanto ao uso da inoculação. Foi possível obter rendimentos idênticos ao uso de 50% da dose de N sem inoculação, usando apenas a estirpes Ab-V5 e 0% N. E ainda, deve-se ressaltar que, ambos os tratamentos inoculados na dose de 50% N alcançaram rendimentos idênticos aos que utilizaram 100% N, levando a uma economia de 50% no uso do nitrogênio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A.T.; Condé, A.B.T.; Costa, R.L.; Pomela, A.W.V.; Soares, A.L.; Martins, F.A.D.; Lima, W.T. & Oliveira, C.B.D. (2016) – Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 15, n. 2, p. 229-239.
- Costa, R.R.G.F.; Quirino, G.S.F.; Naves, D.C.F.; Santos, C.B. & Rocha, A.F.S. (2015) – Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 45, n. 3, p. 304-311. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593>
- Didonet, A.D.; Rodrigues, O. & Kenner, M.H. (1996) – Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasiliense*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 16, n. 9, p. 645-651.
- Dobbelaere, S.; Croonenborghs, A.; Thys, A.; Ptacek, D.; Vanderleyden, J.; Dutto, P.; Labandera-Gonzalez, C.; Caballero-Mellado, J.; Aguirre, J. F.; Kapulnik, Y.; Brener, S.; Burdman, S.; Kadouri, D.; Sarig, S. & Okon, Y. (2001) – Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. *Australian Journal of Plant Physiology*, vol. 28, n. 9, p. 871-879. <https://doi.org/10.1071/PP01074>
- Hungria, M.; Campo, R.J. & Mendes, I.C. (2007) – *A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro*. Embrapa Documentos, n. 283, 81 p.
- Hungria, M.; Campo, R.J.; Souza, E.M. & Pedrosa, F.O. (2010) – Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant Soil*, vol. 331, p. 413-425. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>
- Quadros, P.D.; Roesch, L.F.W.; da Silva, P.R.F.; Vieira, V.M.; Roehrs, D.D. & de Oliveira Camargo, F.A. (2014) – Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. *Revista Ceres*, vol. 61, n. 2, p. 209-218. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200008>
- Santa, O.R.D.; Soccol, C.R.; Ronzelli Jr.P.; Hernández, R.F.; Alvarez, G.L.M.; Santa, H.S. D. & Pandey, A. (2004) – Effects of inoculation of *Azospirillum* sp. in maize seeds under field conditions. *Food, Agriculture and Environment*, vol. 2, n. 1, p. 238-242.
- Szilagyi-Zecchin, V.J.; Mógor, Á.F.; Ruaro, L. & Röder, C. (2015) – Crescimento de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) estimulado pela bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 em cultura orgânica. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 38, n. 1, p. 26-33.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2004) – *Fisiologia vegetal*. 3.<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, Artmed, 719 p.