

***Azospirillum brasilense* associado ao nitrogênio na variedade de milho Avati morotí**

Derlis Enciso Santacruz¹; Alder Delosantos Duarte Monson²; Jimmy Walter Rasche Alvarez^{1*}, Carlos Andrés Leguizamón Rojas¹, Maria del Pilar Galeano Samaniego¹, Diego Augusto Fatecha¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Área Suelos y Ordenamiento Territorial. San Lorenzo, Paraguai

² Discente da Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Agronomía. San Lorenzo, Paraguai

*Autor para correspondência: jwrasche@agr.una.py

Resumo: O nitrogênio é o elemento mais deficiente nos solos, uma forma de reduzir o efeito negativo pela falta de N é o uso de microrganismos promotores ou fixadores de N atmosférico. O objetivo do experimento foi avaliar o efeito da aplicação de *Azospirillum brasilense* com nitrogênio em milho da variedade Avati morotí. O experimento foi instalado no município de Yvyrarovaná, Departamento de Canindeyú, Paraguai. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com arranjo fatorial em parcelas divididas, o fator um foi o *A. brasilense* (0 e 3 mL kg⁻¹ de semente) e o fator dois seis doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹ de N), totalizando 12 tratamentos com quatro repetições. Não houve efeito da interação entre fatores em nenhuma das variáveis. Nas variáveis: diâmetro do colmo, comprimento de espiga, massa de 1000 grãos e peso hectolítrico não houve diferenças estatisticamente significativas com respeito à aplicação de inoculante de *A. brasilense* e doses de N. A variável número de fileiras por espiga respondeu somente à aplicação de *A. brasilense* e comprimento de espigas somente à fertilização nitrogenada. Se obteve diferença significativa na produção de grãos tanto com a aplicação do inoculante como com a aplicação de nitrogênio, o maior rendimento na parcela principal foi de 3.437 kg ha⁻¹ no tratamento com *A. brasilense* e na subparcela foi de 3.980 kg ha⁻¹ com 150 kg de N ha⁻¹. A aplicação de *Azospirillum brasilense* e nitrogênio afetam positivamente o milho da variedade Avati morotí.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada; inoculante; microrganismos; PGPR; *Zea mays* L. var. *amylacea*

***Azospirillum brasilense* associated with nitrogen in the maize variety Avati morotí**

Abstract: Nitrogen is the most deficient element in soils, one way to reduce the negative effect caused by the lack of N is the use of microorganisms that promote or fix atmospheric N. The aim of the experiment was to evaluate the effect of application of *Azospirillum brasilense* with nitrogen on Avati morotí maize. The experiment was installed in the municipality of Yvyrarovaná, Department of Canindeyú, Paraguay. The experimental design was randomized blocks with factorial arrangement in split plots, factor one was *A. brasilense* (0 and 3 mL kg⁻¹ of seed) and factor two was six nitrogen doses (0, 30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹ of N), totaling 12 treatments with four replications. There was no effect of the interaction between factors on any of the variables. In the variables: stem diameter, ear length, hectoliter weight and weight of 1000 grains, there were no statistically significant differences regarding the application of *A. brasilense* inoculant and N doses. In the variables: stem diameter, ear length, mass of 1000 grains and hectoliter weight, there were no statistically significant differences regarding the application of *A. brasilense* inoculant and N doses. The variable number of rows per ear responded only to the application of *A. brasilense* and ear length only to nitrogen fertilization. There was a significant difference in grain yield both with inoculant and nitrogen application, the highest yield in the main plot was 3,437 kg ha⁻¹ in the treatment with *A. brasilense* and in the subplot it was 3,980 kg ha⁻¹ with 150 kg of N ha⁻¹. The application of *A. brasilense* and nitrogen positively affect the maize variety Avati morotí.

Key words: Nitrogen fertilizer; Inoculant; Microorganism; PGPR; *Zea mays* L. var. *amylacea*.

Introdução

No Paraguai, a variedade de milho conhecido como avati morotí ou maíz chipá (*Zea mays* L. var. *amylacea*) é uma cultura de grande importância, tanto do ponto de vista social, como alimentícia, já que é semeada em mais de 80.500 propriedades agrícolas, principalmente na agricultura familiar, alcançando 134.835 ha, o que representa 15% da área de milho do país, e que geralmente é associado com outras culturas de consumo familiar (MACHADO, 2013). O milho avati morotí é amiláceo, e se caracteriza por ser farinhoso, os grãos estão constituídos principalmente por amido e são escassamente ou não são dentados (NOLDIN, REVILLA e ORDÁS, 2016). Dentro da culinária paraguaia, os principais pratos alimentícios como a sopa paraguaia, borí borí, chipa so'ó, entre outros, são realizados com derivados deste milho.

O milho é exigente em nitrogênio (N) e precisa de aproximadamente 22 kg de N por tonelada de grão produzido, sendo que exporta aproximadamente de 67% de N absorvido pela planta a través dos grãos (PUNTEL *et al.*, 2016). O N é bastante móvel no solo, e a aplicação de altas doses de N favorecem as perdas de N, principalmente em anos chuvosos (PRADO *et al.*, 2013). Devido à baixa capacidade do N ficar retido no solo, de forma trocável, o N é um dos nutrientes que mais limita a produtividade de grãos (GONZÁLEZ e CAUSARANO, 2014), por tanto, seu manejo no solo é complexo, já que existe vários fatores que afetam a dinâmica do nitrogênio no solo (SEBEN JUNIOR, CORÁ e LAL., 2016).

O *Azospirillum brasilense* é uma rizobactéria promotora de crescimento das plantas (PGPR) que atualmente está sendo utilizada na agricultura comercial por ter boa capacidade de adaptação que promove o desenvolvimento radicular e aéreo das plantas, além de ajudar na fixação biológica de N, e na produção de hormônios vegetais (GORDILLO-DELGADO, MARÍN e CALDERÓN 2016).

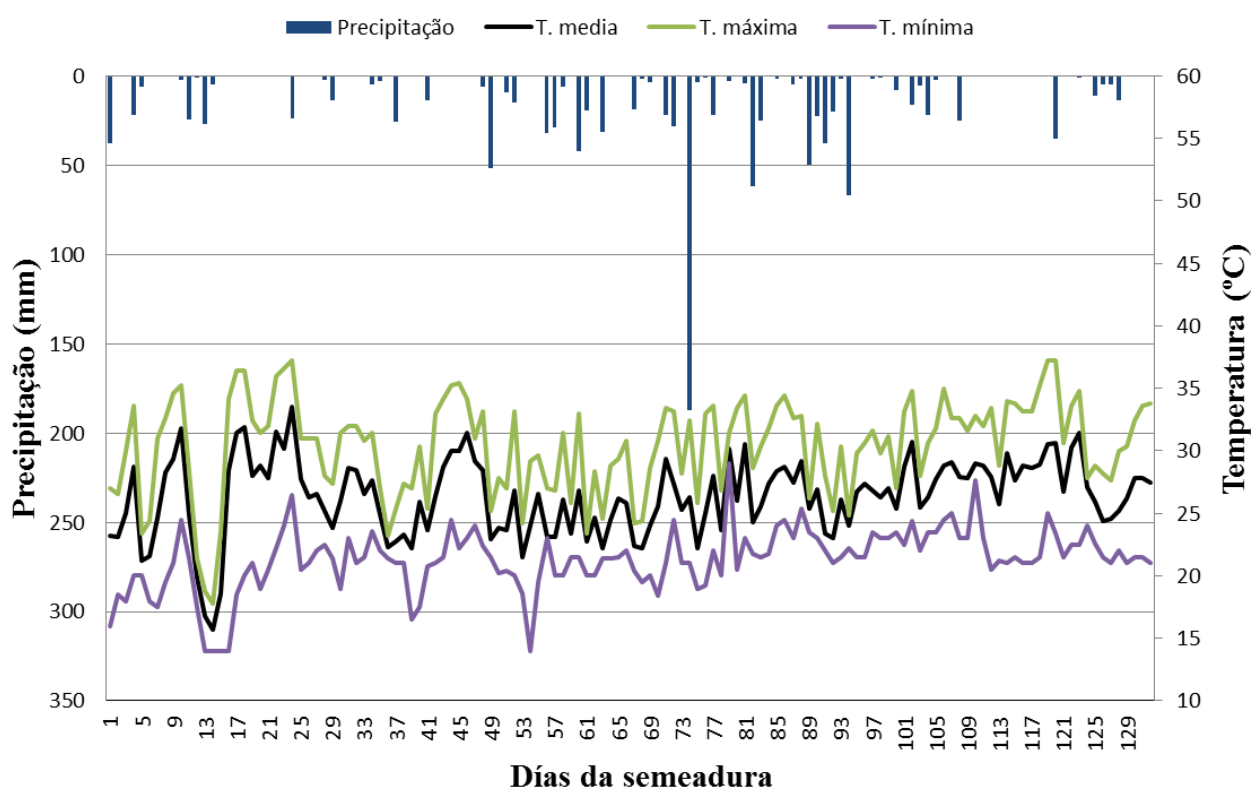
A utilização do *Azospirillum* na cultura do milho e em outras culturas tem sido inconsistente de acordo aos resultados de pesquisa, pois existem vários trabalhos afirmando a sua ação positiva na produtividade das culturas (ANDRADE *et al.*, 2016; MUMBACH *et al.*, 2017) e outros que sugerem que a mesma não influencia na produtividade, não sendo recomendando sua utilização para esse fim (MACEDO, 2016; ALTMAYER *et al.*, 2017). Embora a variedade Avati morotí seja uma cultura importante no Paraguai, existem poucos trabalhos sobre fertilização nesta cultura, seguindo via de regra o mesmo plano de fertilização que o milho comum em agricultura familiar.

O objetivo do presente experimento foi avaliar o efeito da aplicação de *Azospirillum brasilense* associado ao nitrogênio na variedade do milho Avati morotí.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido, entre setembro de 2015 a fevereiro de 2016, no município de Yvyrarovana, Canindeyú, Paraguai (24° 20' 19.83" S e 55° 06' 51.97" W e elevação de 282 m). Os dados de precipitação pluviométrica e as temperaturas mínimas, máximas e médias mensais durante a realização do experimento foram obtidos da estação do campo experimental Yhovy do Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA) (Figura 1). Registraram-se chuvas bem distribuídas com um total de 1136 mm, que atenderam os requerimentos hídricos do milho (550 a 800 mm) (RIVETTI, 2007).

Figura 1 - Precipitação pluviométrica, temperatura média, máxima e mínima diária no período de setembro de 2015 a fevereiro de 2016. Yvyrarovana, Paraguai. 2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da estação do campo experimental Yhovy do Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA)

O solo da área é classificado como Arenic Rhodic Paleudult (LÓPEZ *et al.*, 1995), de textura arenosa (14 g kg⁻¹ de argila, 12 g kg⁻¹ de silte e 74 g kg⁻¹ de areia). As características químicas do solo da camada de 0-0,2 m de profundidade se encontra na tabela 1.

A área vem sendo manejado sob sistema convencional de preparo do solo a mais de 20 anos, sem incorporação de calcário ou de aplicação de fertilizante químico. Anterior ao milho foi plantado mandioca.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2×6 com quatro repetições. O primeiro fator foi o *A. brasilense* (0 e 3 mL kg⁻¹ de semente) e o segundo fator foi o nitrogênio (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N).

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental, na camada de 0–0,2 m de profundidade. Yvyrarovana, Paraguai. 2016.

pH	P	MO	Al	Ca	Mg	K	Na	CTC
H ₂ O	mg dm ⁻³	g dm ⁻³ cmol _c dm ⁻³					
5,1	9,0	9,1	0,63	1,13	0,29	0,11	0,01	4,63

Extratores: P e K = Mehlich I; Ca, Mg, Na e Al = KCl 1 mol L⁻¹; MO = Kjeldahl

Um mês antes da semeadura foi arado o solo e incorporado 1500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 96%. Oito dias antes da implantação do experimento foi passada uma grade niveladora na área do experimento.

Os inoculantes possuíam concentração de bactérias de 5×10^8 UFC mL⁻¹. A inoculação com as bactérias *A. brasilense* foi realizada imediatamente antes da semeadura, através da mistura nas sementes ao inoculante em proporção de acordo a cada tratamento.

A variedade do milho foi Guaraní- V253 desenvolvido pelo Instituto Paraguayo de Tecnologia Agraria (IPTA). Cada unidade experimental estava constituída de cinco linhas com 5 m de comprimento com uma densidade de 57.143 sementes ha⁻¹ (0,7 x 0,25 m entre plantas).

Na adubação de semeadura foram aplicados 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 kg ha⁻¹ de K₂O, usando como fontes de P₂O₅ e K₂O superfosfato triplo (46% de P₂O₅) e o cloreto de potássio (60% de K₂O), respectivamente; e a adubação nitrogenada foi realizada inicialmente com 20 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia em todos os tratamentos (com exceção da testemunha). A dose de N restante, de acordo a cada tratamento, foi aplicada em cobertura, 40 dias após a semeadura, entre os estádios V4 e V6, empregando como fonte de N a ureia (46% de N).

Após duas semanas da semeadura do milho realizaram-se a aplicações do herbicida Atrazina 90% e o inseticida Profenofos + Lufenuron 40 %, e aos 45 dias após a semeadura foi aplicado Imidacloprid. O controle de plantas espontâneas foi realizado mediante capina manual em duas ocasiões, aos 21 e 45 dias da semeadura.

Para as medições biométricas realizadas a campo foram medidas dez plantas escolhidas ao acaso da parcela útil (2,1 m²), constituída de três linhas centrais de 1 m cada uma de cada

unidade experimental. O número de espigas por planta foi determinado contabilizando o número de espigas da parcela útil (2,1 m²). O diâmetro basal do colmo foi realizado com auxílio de um paquímetro digital medindo o diâmetro das dez plantas no segundo entre-nos a partir do solo. A colheita do milho foi realizada manualmente aos 121 dias da semeadura, coletando-se todas as espigas da parcela útil (2,1 m²) para determinação da produtividade em kg ha⁻¹ após a correção da umidade para 13% (base úmida). Para determinar o diâmetro e comprimento de espigas, foram tomadas de forma aleatória 10 espigas das colhidas medindo a parte central da espiga sem palha com ajuda de um paquímetro digital. O comprimento da espiga foi medido com régua centimetrada. Das mesmas 10 espigas foram contabilizadas o número de fileiras de grãos. Estimou-se a massa de mil grãos pela pesagem de cinco sub-amostras de 100 grãos por parcela com uma balança de precisão (0,001 g), logo extrapolados a massa mil grãos e corrigidos ao 13% de umidade. O peso hectolítrico foi determinado considerando a massa de um volume de 100 mL de grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa ASSISTAT 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016). Quando os efeitos foram significativos ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05$) para comparar a inoculação ou não de *A. brasilense*. Para comparar as doses de N ajustaram-se as equações de regressão, e foi realizada análise de correlação simples de Pearson entre as variáveis avaliadas.

Resultados e Discussão

Não houve interação significativa entre a inoculação de *A. brasilense* e a adubação nitrogenada nas variáveis avaliadas, desta forma os resultados são apresentados independentemente para os fatores de adubação nitrogenada e inoculação. O número de espigas por planta foi superior em 68% quando aplicado *A. brasilense* comparado com plantas sem inoculação. A aplicação de N em cobertura também aumentou o número de espigas por planta, onde se observa que com a dose de 150 kg ha⁻¹ de N, ainda não se chega ao ponto de inflexão da curva, ajustando-se o número de espiga por planta a uma equação de primeiro grau (Tabela 1). Ao contrário do que ocorreu no presente experimento, SANGOI e ALMEIDA (1994) e SOUZA e SORATTO (2006) não observaram efeito de doses de N no número de espigas por plantas, porém a abundância de nutrientes na planta, neste caso o N, permite à manutenção da atividade fotossintética por um maior período, podendo influenciar no índice de espigas.

Tabela 2 - Efeito da aplicação de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio no número de espigas por planta, diâmetro basal do colmo, diâmetro, comprimento e fileiras de grãos por espiga de milho Avati morotí. Yvyrarovana, Paraguai. 2016

Tratamentos	Espigas por planta	Diâmetro basal do colmo (mm)	Diâmetro da espiga (cm)	Comprimento de espiga (cm)	Fileiras de grãos por espiga (g)
Dose de <i>A. brasilense</i>					
0	1,3 b*	17,7 ^{ns}	3,49 ^{ns}	15,3 ^{ns}	12,9 b
3 mL kg de semente	1,9 a	18,1	3,52	15,6	13,3 a
Dose de N (kg ha⁻¹)					
0	1,4 c* ¹	17,4 ^{ns}	3,40 b * ²	14,9 ^{ns}	12,8 ^{ns}
30	1,5 bc	17,6	3,49 ab	15,1	13,0
60	1,5 bc	17,8	3,62 a	15,6	13,0
90	1,6 ab	17,9	3,50 ab	15,5	13,1
120	1,8 a	18,0	3,45 ab	15,9	13,1
150	1,8 a	18,5	3,56 ab	15,9	13,6
CV (%)	8,5	5,7	4,1	6,1	4,7

*: Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns: Não significativo.

¹ Espiga por planta = $1,39 + 0,0023 \times$ dose de *A. brasilense*, $R^2 = 0,88$.

² Diâmetro de espiga = $3,4264 + 0,0024 \times$ dose de *A. brasilense* - $0,00001 \times$ (dose de *A. brasilense*)², $R^2 = 0,30$.

O diâmetro basal do colmo do milho aos 90 dias da semeadura não foi afetado pela aplicação de *A. brasilense* e pela aplicação de N em cobertura (Tabela 1), embora é sabido que a maior parte das reservas dos fotoassimilados que serão utilizados posteriormente na produção de grãos é armazenada nas folhas e no colmo (MAGALHÃES *et al.*, 2002) como demonstrado por KAPPES *et al.* (2013) e ALTMAYER *et al.* (2017), que verificaram aumento no diâmetro do colmo do milho com a aplicação de 85, 90, 60 kg de N ha⁻¹, respectivamente, embora no presente experimento não houve resposta, possivelmente porque enquanto ao milho foi absorvendo o N foi deslocando o mesmo para as folhas, considerando que esta variedade de milho se caracteriza por ter maior crescimento em altura de planta que os híbridos semeados atualmente pode ter distribuído mais N na planta. Assim, como no presente trabalho, FERNANDES *et al.* (2015) não verificaram efeito da inoculação ou de níveis de N sobre o diâmetro de colmo das plantas de milho.

O diâmetro de espiga e o comprimento de espiga não foram afetados pela aplicação de *A. brasilense* (Tabela 1) diferindo do experimento de CAVALLET *et al.* (2000) que obtiveram maior comprimento de espiga quando aplicado *Azospirillum* spp. Já a aplicação de N permitiu aumento do diâmetro de espiga ajustando-se a uma equação de segundo grau, com o máximo diâmetro de espiga ao aplicar-se 60 kg ha⁻¹ de N e dose estimada em 120 kg ha⁻¹. Os resultados são similares ao encontrado por KAPPES *et al.* (2009) e ALTMAYER *et al.* (2017). No entanto,

PORTELA *et al.* (2016) não observaram aumento no diâmetro ou comprimento de espiga pela aplicação de N.

O número de fileiras de grãos por espiga aumentou em 3,1% com a aplicação de *A. brasilense*. No entanto, a aplicação de N não incrementou o número de fileiras de grãos por espiga. CAVALLET *et al.* (2000) não encontraram efeito da inoculação de *Azospirillum* spp. sobre o número de fileiras de grão por espiga. De acordo a MAGALHÃES *et al.* (2002) a definição no número de fileiras de grãos por espiga se define no estágio V8, por tanto, a aplicação de N deve ser realizada antes dessa fase, procurando uma adequada disponibilidade de nutrientes, especialmente de N, uma vez que nesta época é iniciada a elevação da demanda desse nutriente pela planta, no entanto, só apresentará resposta caso tenha deficiência de N no solo para às plantas. FERNANDES *et al.* (2015) também não observaram efeito das doses de N em relação ao número de fileiras por espiga e comprimento de espiga, atribuindo a falta de resposta pela característica de alta hereditabilidade desses componentes, sendo menos dependentes do ambiente que outras variáveis.

A massa de 1000 grãos e peso hectolítrico não foi influenciada pela aplicação de *A. brasilense* ou pela aplicação de N em cobertura (Tabela 3). ALTMAYER *et al.* (2017) constataram aumento da massa de 1000 grãos com a aplicação de N, não assim pela aplicação de *A. brasilense*.

A produtividade de grãos de milho aumentou tanto por efeito da aplicação de *A. brasilense*, como pela aplicação de N (Tabela 3). A aplicação de *A. brasilense* incrementou a produção em 367 kg ha⁻¹, representando 11,9% de aumento do rendimento de grãos. A aplicação de *A. brasilense* induz a produção de substâncias promotoras do crescimento aumentando o comprimento radicular e conseqüentemente permitindo maior absorção de nutrientes pelas raízes (SALOMONE e DÖBEREINER, 1996). No entanto, KANEKO *et al.* (2016) e ALTMAYER *et al.* (2017) não encontraram resposta à aplicação de *A. brasilense* na produção de milho.

Com relação a aplicação de N, a máxima produção de grãos obtido foi ajustado a uma equação de primeiro grau, onde com a dose máxima de N (150 kg de N ha⁻¹) ainda não se chegou ao ponto de inflexão da curva. Com a aplicação de 150 kg de N ha⁻¹ a produção foi de 3980 kg ha⁻¹, aumentando 39% comparado ao tratamento sem aplicação de N.

Tabela 3 - Efeito da aplicação de N e doses de *Azospirillum brasilense* na produção, massa de 1000 grãos e peso hectolétrico do milho Avati morotí. Yvyrarovana, Paraguai. 2016.

Tratamentos	Massa de 1000 grãos (g)	Peso hectolétrico (kg hl)	Produção de grãos (kg ha ⁻¹)
Dose de <i>A. Brasilense</i>			
0	185,2 ^{ns}	69,0 ^{ns}	3.070 b*
3 mL kg de semente	194,9	69,2	3.437 a
Dose de N (kg ha⁻¹)			
0	188,3 ^{ns}	68,5 ^{ns}	2.862 b* ¹
30	190,5	70,4	3.231 ab
60	198,2	70,3	3.068 ab
90	179,0	70,5	2.885 b
120	193,1	66,5	3.132 ab
150	190,5	70,7	3.980 a
CV (%)	4,1	4,5	15,5

*: Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns: Não significativo.

¹ Rendimento = 2828 + 4,87 x dose de N, R² = 0,45.

Resultado similares foram observados por DUARTE-MONZON *et al.* (2020) na produção de grãos de milho Avati morotí quando aplicado esterco bovino comparado à testemunha, possivelmente pelo N incorporado com o esterco bovino.

A produção de grãos de milho Avati morotí apresentou correlação positiva com o número de espigas por planta, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, comprimento da espiga, fileiras de grãos por espiga e massa de mil grãos (Tabela 4). É de se esperar que maior número de espigas, as espigas sejam maiores, com mais fileiras e maior massa apresentem maior rendimento de grãos, pois estes são importantes componentes do rendimento. REPKE *et al.* (2003) constataram que a variável que melhor se correlacionou com a produção de grãos de milho foi a massa de 1000 grãos, diferente dos dados obtidos no presente trabalho. ALTMAYER *et al.* (2017) também observaram que espigas de milho com maior diâmetro, comprimento e com maior massa de mil grãos resultam em maior produção de grãos, corroborando os dados apresentados.

Tabela 4 - Correlações simples de Pearson para produção de grãos *versus* número de espigas por planta (NEP), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), fileiras de grãos por espiga (FGE), massa de mil grãos (MMG) peso hectolitro (PH). Yvyrarovana, Paraguai. 2016.

Produção	Componentes de produção de grão						
	NEP	DC	DE	CE	FGE	MMG	PH
	0,461*	0,465*	0,423*	0,497*	0,457*	0,338*	0,468*

*: Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo

Conclusões

O número de espigas por plantas é afetado pela inoculação com *Azospirillum brasilense* em associação com a adubação nitrogenada. O número de fileiras por espiga aumenta com a inoculação de *Azospirillum brasilense*.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e a aplicação de N promovem o aumento da produtividade de grãos do milho Avati morotí.

Existe correlação entre os componentes da produtividade de grãos e a produtividade de grãos de milho do milho Avati morotí.

Agradecimentos

Ao Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) do Paraguai, pelo financiamento do Projeto 14-INV-130 “Manejo sustentável da fertilidade dos solos para a produção de alimentos”.

Bibliografia

ALTMAYER R, M.D.; RASCHE A., J.W.; FATECHA F., D.A.; TIECHER, T.; KARAJALLO, J.C.; AGUAYO T., A. Eficiência da aplicação de *Azospirillum brasilense* associado ao nitrogênio na cultura do milho. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.1, p. 33-44, 2017.

ANDRADE, A.T.; CONDÉ, A.B.T.; COSTA, R.L.; POMELA, A.W.B.; SOARES, A.L.; MARTINS, F.A.D.; LIMA, W.T.; OLIVEIRA, C.B. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 229-239, 2016. Disponível em: http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/617/pdf_460 Acesso em: 16/11/2016.

CAVALLET, L. E.; DOS SANTOS, C.; HELMICH, J.J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. v.4, n.1, p.129-132, 2000.

DUARTE-MONZON, A. D.; GONZÁLEZ C., E.; RASCHE A., J.W.; LEGUIZAMÓN R., C.; FATECHA F., D.A. Phosphated fertilization with organic and inorganic amendments in corn crops (*Zea mays* L.). **Revista de Ciencias Agrícolas**, Pasto, v.37, p. 27-37, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22267/rcia.203701.132>. Acesso em: 13/02/2022.

FERNANDES, F.C.S; BUZETTI, S.; ARF, O; ANDRADE, J.A. da C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.195-204, 2005.

GONZÁLEZ, A. L.; CAUSARANO M, H. J. Destino del nitrógeno aplicado a un cultivo de sésamo en un suelo degradado de Paraguay, **Revista Acta Agronómica**, Palmira, v. 63, p. 253-261, 2014.

GORDILLO-DELGADO, F.; MARÍN, E.; CALDERÓN, A. Effect of *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia unamae* Bacteria on Maize Photosynthetic Activity Evaluated Using the Photoacoustic Technique. **International Journal of Thermophysics**, Toronto, v. 37, p. 1-11, 2016.

KANEKO, F.H.; SABUNDJIAN, M.T.; ARF, O.; LEAL, A.J.R.; CARNEIRO, L.F.; PAULINO, H.B. Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de N em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 202 - 216, 2016. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/557/pdf458> Acesso em: 13/11/2016.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P.; DAL BEM, E.A.; PORTUGAL, J.R.; GONÇALVES VILELA, R. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013. Disponível em: http://www.abms.org.br/29cn_milho/06190.pdf Acesso em: 23/11/2016.

KAPPES, C.; CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M.; SILVA, J.A.N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article> Acesso em: 23/11/2016.

LÓPEZ, O.L.; ERICO, E.G.; LLAMAS, P.A.; MOLINAS, A.S.; FRANCO, E.S.; GARCIA, S.; RIOS, E.O. Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay. 1995. 246 p. Disponível em: <http://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf> Acesso em: 3/05/2015.

MACEDO, R., FIGUEIREDO, G., TEIXEIRA, H., MOURO, G., DINIZ, E. Cultura do milho sob manejo orgânico e tratamentos alternativos de sementes. **Cadernos de agroecologia**, v. 11, n. 2, dec. 2016. ISSN 2236-7934. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/21294>. Acesso em: 31/01/2018.

MACHADO, V. Productividad y adaptabilidad de cultivares de maíz harinoso Avati Morotí. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v.15, n.2, p.75-81, 2013. Disponível em: <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/230/218> >. Acesso em: 10/02/2022.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganaderia, PY). 2008. **Censo de cultivos temporales: maíz chipa y pichinga**. Disponível em: <http://www.mag.gov.py/Censo/VOL%20III/CUADRO%2074.%20%20Maiz%20chipa%20y%20pichinga.pdf>. Acesso em: 20/02/2016.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M. ; CARNEIRO, M.P. ; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. p.23 (EMBRAPACNPMS. Circular Técnica, 22).

MUMBACH, GL, KOTOWSKI, IE, ANDRES SFJ, STOLBEN M M, BILIBIO BÉ, ORTAÇA P V, BILIBIO BÉ, KAISER, DR. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.18, n.2, p.97-103, 2017. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99551919010> Acesso em: 20/12/2017.

NOLDIN, O; REVILLA, P; ORDÁS, B. Genetic diversity of the floury race of maize Avati Morotí from the Guaraní tribe in Paraguay. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v.14, n.3, p. e0707, 8 pages, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016143-9214>. Acesso em: 20/12/2016.

PORTELA, M. G. T.; ARAÚJO, R. L.; BARBOSA, R. P.; DA ROCHA, D. R. Características agronômicas do milho submetido a fontes e parcelamento de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 10, n. 3, p. 248 – 258, 2016.

PUNTEL LA, SAWYER JE, BARKER DW, DIETZEL R, POFFENBARGER H, CASTELLANO MJ, MOORE KJ, THORBURN P AND ARCHONTOULIS SV. Modeling Long-Term Corn Yield Response to Nitrogen Rate and Crop Rotation. **Frontiers in Plant Science**, Bern, v.7 p.1-18, 2016. Disponível em: <http://doi:10.3389/fpls.2016.01630> Acesso em: 13/02/2017.

REPKE, R.A.; CRUZ, S.J.S.; SILVA, C.J.; FIGUEIREDO, P.G.; BICUDO, S.J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013. Disponível em: http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/472/pdf_90 Acesso em: 23/11/2016.

RIVETTI, A.R. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de Riego complementário en Rio Cuarto, Córdoba, Argentina. **Revista Científica**, Rio Cuarto. v. 39, p. 29-39, 2007.

SALOMONE, G.; DÖBEREINER, J. Maize genotypes effects on the response to *Azospirillum* inoculation. **Biology Fertilizer Soils**, Oxford, v.21, n.1, p.193-196, 1996.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.1, p.13-24, 1994.

SEBEN JUNIOR, G de F; CORÁ, JE; LAL, R. Soil aggregation according to the dynamics of carbon and nitrogen in soil under different cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1652-1659, set. 2016.

SILVA, FAS; AZEVEDO, CAV. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOUZA, E. de F. C. de; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 05, n. 03, p. 387-397, 2006.