



Interação entre nitrogênio e inoculação da semente no desenvolvimento vegetativo do milho no cerrado⁽¹⁾.

Letícia Gomes de Freitas⁽²⁾; Ana Carolina Pereira de Vasconcelos⁽³⁾; Thiago Prudente Siqueira⁽⁴⁾; Arthur Henrique Martins Pires⁽⁵⁾; Marcos Vieira de Faria⁽⁶⁾; Regina Maria Quintão Lana⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fapemig.

⁽²⁾ Graduada em Medicina Veterinária; Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais; Email: leticia.andelori@gmail.com; ⁽³⁾ Mestranda em Agronomia; Universidade Federal de Uberlândia; ⁽⁴⁾ Graduando em Agronomia; Universidade Federal de Uberlândia; ⁽⁵⁾ Graduando em Agronomia; Universidade Federal de Uberlândia; ⁽⁶⁾ Pós-doutorado em Agronomia; Universidade Federal de Uberlândia; ⁽⁷⁾ Professora Titular; Universidade Federal de Uberlândia.

RESUMO: Bactérias diazotróficas podem fixar nitrogênio e estimular o desenvolvimento das plantas, podendo ainda reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho. Objetivou-se avaliar o efeito de doses de nitrogênio na ausência e na presença de *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento do milho e na produtividade de grãos, em segundo ano de cultivo. O experimento foi instalado durante a safra 2012/2013, em solo característico de cerrado, em Uberlândia, no Triângulo Mineiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 6 repetições. Os tratamentos consistiram de 5 doses de nitrogênio, na ausência e na presença de *Azospirillum brasilense*. A inoculação foi realizada via tratamento de semente. Foram avaliados altura e diâmetro de colmo. Não houve interação entre doses de nitrogênio e *Azospirillum brasilense*. A inoculação não promoveu efeitos significativos em nenhum dos parâmetros analisados. Apenas o efeito isolado de doses crescentes de nitrogênio provocou aumento na altura e diâmetro de colmo no estádio reprodutivo do milho.

Termos de indexação: *Zea mays*, *Azospirillum brasilense*, adubação nitrogenada.

INTRODUÇÃO

Atualmente existem pacotes tecnológicos utilizando variedades de plantas e estirpes bacterianas eficientes, que podem suprir mais de 50% do N necessário à planta (Ferreira et al., 2013), sendo uma alternativa interessante para os produtores. Dentre as bactérias diazotróficas estudadas para a fixação biológica de N para o milho, destacam-se as do gênero *Azospirillum*, que abrange um grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) de vida livre que é encontrado em quase todos os lugares da terra (Huergo et al., 2008). Estas bactérias ganharam grande destaque mundial a partir da década de 1970 (Dobereiner et al., 1976), com a descoberta da

capacidade de fixação biológica do N dessas bactérias quando em associação com gramíneas. No ano de 2009, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento autorizou a comercialização de inoculantes para a cultura do milho contendo estirpes selecionadas de *Azospirillum brasilense* (Hungria, 2011).

Muitos estudos têm demonstrado que o *Azospirillum* estimula o crescimento e a produtividade de várias espécies de plantas, sendo muitas delas com grande relevância agrônoma e ecológica (Okon & Labandera-Gonzalez, 1994; Bashan & Holguin, 1997; Bashan et al., 2004). Assim, a otimização dessa possível simbiose *Azospirillum* - milho poderá resultar em incrementos de produtividade e diminuição dos custos de produção, principalmente da aquisição de adubos nitrogenados (Okon & Vanderleyden, 1997) que são usados intensamente na cultura do milho.

Desta forma, foi realizado um experimento na mesorregião do Triângulo Mineiro, com o objetivo de estudar o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilenses* (estirpe AbV5 e AbV6) e doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), em segundo ano de cultivo, sobre o desenvolvimento vegetativo do milho em solo de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em duas áreas adjacentes (simultaneamente, para ausência e presença do inoculante), com área total de 2.520 m², sendo 30 m² por tratamento e 10 m² de parcela útil, na Fazenda Experimental Capim Branco pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, durante a safra 2012/2013, sendo o segundo ano de um experimento conduzido nas mesmas condições na safra (2011/2012).

O clima da região é, segundo classificação de Köppen-Geiger, Aw: tropical com estação seca no inverno. A média de precipitação anual da região é de 1500 mm ano⁻¹. O solo da área do experimento é classificado como Latossolo Vermelho escuro



distrófico (EMBRAPA, 2006), apresentando textura argilosa (580 g kg⁻¹ de argila).

Antes da implantação do experimento foi feita a amostragem de solo, na profundidade de 0 a 20 cm, conforme CFSEMG (1999). A análise química de nutrientes foi realizada no Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Uberlândia, segundo EMBRAPA (2011), apresentando a seguinte caracterização química: pH (H₂O) de 4,7; 2,8 dag Kg⁻¹ de matéria orgânica (MO); 51 mg dm⁻³ de fósforo (P) (Mehlich); 0,52 cmol_c dm⁻³ de potássio (K); 1,0 cmol_c dm⁻³ de cálcio (Ca); 0,5 cmol_c dm⁻³ de magnésio (Mg); 4,40 cmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+AL); 0,2 cmol_c dm⁻³ de alumínio (Al); 2,02 cmol_c dm⁻³ de soma de bases (SB); 6,42 cmol_c dm⁻³ de capacidade de troca catiônica (CTC); e saturação por bases V% = 32%.

A área foi preparada para o plantio com aplicação a lanço de 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, 40,2 % de CaO e 14% de MgO, PRNT 100%. A semeadura foi realizada manualmente em 23 de novembro de 2012, utilizando-se 3,5 sementes por metro linear, para obtenção do estande de 70.000 sementes por hectare.

Na semeadura, aplicou-se 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo; 50 kg ha⁻¹ de K na forma de cloreto de potássio e 50 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia, exceto nos tratamentos com doses 0 de N. A adubação de cobertura, realizada no estádio de desenvolvimento V4, consistiu da aplicação de 100 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio e a dose de N necessária para completar a dose de cada tratamento, bem como foi realizada adubação de 300 g ha⁻¹ de boro com octaborato de sódio tetra hidratado (20% de B) via solo e 2 kg ha⁻¹ de zinco com óxido de zinco (76 % Zn) via foliar.

A colheita foi realizada manualmente em 23 de abril de 2013, e a umidade dos grãos foi corrigida para 13%, para o cálculo de produtividade.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no arranjo fatorial 2 x 5, com seis repetições. Os tratamentos foram realizados com ou sem inoculação da bactéria fixadora de N *Azospirillum brasilense* (100 mL ha⁻¹) via semente e cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹). Foi utilizado o produto comercial Masterfix Gramínea® (cepas – AbV5 e AbV6), com concentração mínima de 2x10⁸ células mL⁻¹. Foi utilizado o híbrido de milho DKB 390 VTPRO.

Foram utilizadas 4 doses de N e o tratamento controle, a seguir: 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹, como fonte foi utilizado ureia (43% de N).

Foram analisadas as variáveis de altura - da superfície do solo até o ápice da planta, utilizando-se régua graduada em cm; diâmetro de colmo - medido no segundo internódio, com paquímetro digital graduado em mm; avaliados no estádio de

desenvolvimento V8 (quando ocorre a definição do número de fileiras, utilizando a última folha completamente desenvolvida) e R2 (folha da espiga na fase reprodutiva).

Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas e os resultados para o fator quantitativo foram submetidos à análise de regressão polinomial, em função das diferentes doses de N tanto para presença quanto para ausência de *Azospirillum brasilense*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de altura de planta e diâmetro de colmo encontram-se na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Altura e diâmetro de colmo, na ausência e presença de *Azospirillum brasilense*, no segundo ano da cultura do milho, 2013.

Fase Fenológica	Parâmetro Avaliado	<i>Azospirillum brasilense</i>	
		Ausência*	Presença*
V8	Altura de planta (m)	1,41	1,40
	Diâmetro Médio (mm)	24,26	23,80
R2	Altura de planta (m)	2,14	2,15
	Diâmetro Médio (mm)	22,44	22,32

*ns: não significativo

Segundo Sá (1993), o porte das plantas de milho deve ser de médio a baixo, com o objetivo de obter maior eficiência na colheita mecânica e evitar problemas de quebra e acamamento. Ainda, de acordo com Sangoi et al. (2003), estas características são fundamentais, pois quanto maior é a relação entre altura de inserção da espiga e estatura da planta, mais deslocado estará o centro de gravidade da planta, e portanto, maior possibilidade de quebra de colmos, uma vez que o milho aloca cerca de 50% da fitomassa total nos grãos ao final do ciclo.

Observa-se na **Tabela 1**, que a altura das plantas de milho não foi influenciada pela inoculação das sementes. Estes resultados estiveram de acordo com os obtidos por Lana et al. (2012) também não verificaram efeito da inoculação sobre a altura de plantas, avaliando as respostas da cultura do milho à inoculação com *Azospirillum* associada à adubação nitrogenada.

Com relação à aplicação das doses de N, observa-se na **Figura 1**, que estas influenciaram significativamente a altura das plantas, quando estas entraram em estádio reprodutivo, em R2. O aumento linear, em função das doses de N (**Figura 1**), pode ser explicado pelo fato do N atuar



diretamente no desenvolvimento vegetativo influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (Bredemeier & Mundstock, 2000).

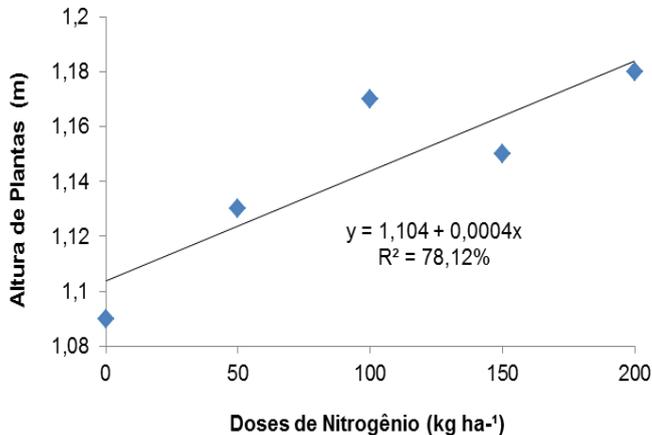


Figura 1 – Altura de planta em R2, em função das doses de nitrogênio, no segundo ano de plantio do milho, 2013.

De acordo com Silva et al., (2003) o efeito do aumento da dose de N na altura de plantas de milho é visível somente até determinada fase de crescimento pois, com o paulatino auto-sombreamento das plantas, assim como o sombreamento mútuo entre plantas, pode contribuir para a redução do crescimento até que a altura máxima seja atingida no florescimento. Ainda, segundo Büll (1993), plantas de milho adequadamente supridas por N apresentam maior desenvolvimento vegetativo, em função do N influenciar a divisão, expansão celular e o processo fotossintético.

Semelhantemente aos resultados obtidos neste trabalho, Von Pinho et al. (2006), verificou que a adubação nitrogenada em cobertura tanto em dose única ou parcelada, influenciou significativamente a altura das plantas de milho no estado de Minas Gerais. Ainda, Mar et al. (2003) e Soratto et al. (2010) obtiveram aumento da altura de plantas do milho safrinha, em resposta à aplicação de N em cobertura, semelhante aos resultados obtidos neste estudo. Soares (2003) também constatou que a aplicação de N resultou em maior altura das plantas de milho, apresentando superioridade de 30%, em relação à testemunha. Em contraste, Meira et al. (2009), não encontraram diferença significativa da altura de plantas para combinações de doses de N.

Os dados de diâmetro do colmo encontram-se na **Tabela 1**. O colmo funciona como estrutura de reserva, ocorrendo translocação de fotoassimilados do colmo para os grãos (Magalhães & Jones, 1990). Assim, é importante avaliar este parâmetro vegetativo, pois maiores diâmetro de colmo,

normalmente, se correlacionam positivamente com maiores produtividades de grãos. Logo, o aumento deste componente representa um fator importante do ponto de vista fisiológico, pois de acordo com Fancelli; Dourado Netto (2000), o colmo não possui apenas função de suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente, atua como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que são utilizados posteriormente na formação dos grãos.

Observa-se na **Tabela 1** que não houve diferença significativa na ausência e presença de *Azospirillum brasilense*, nos estádios V8 e R2. Dotto et al. (2010) também não verificaram, avaliando a inoculação de *H. seropedicae* e níveis de N sobre o comportamento de híbridos de milho, efeito da inoculação sobre o diâmetro de colmo das plantas de milho, em conformidade com os resultados obtidos neste trabalho de pesquisa. Em contrapartida, Pinto et al., (2012) verificaram que a inoculação com as estirpes de forma isolada ou em combinação promoveu incrementos no diâmetro de caule em torno de 20,72%.

Em relação às doses de N aplicadas, não se observou diferença estatística no diâmetro de colmo na fase vegetativa (V8). Já na fase reprodutiva (R2), observou-se diferença significativa em função das doses aplicadas (**Figura 2**), havendo um aumento linear em função das doses, quanto maior a dose de N aplicado, maior foi o diâmetro de colmo, em concordância com os resultados obtidos por Repke (2013) e Soratto et al., (2010), que verificaram que o aumento nas doses de N proporcionou incrementos significativos no diâmetro do colmo. Em contrapartida, Meira et al. (2009) não verificaram efeito da aplicação de diferentes fontes de N no diâmetro do colmo de milho irrigado.

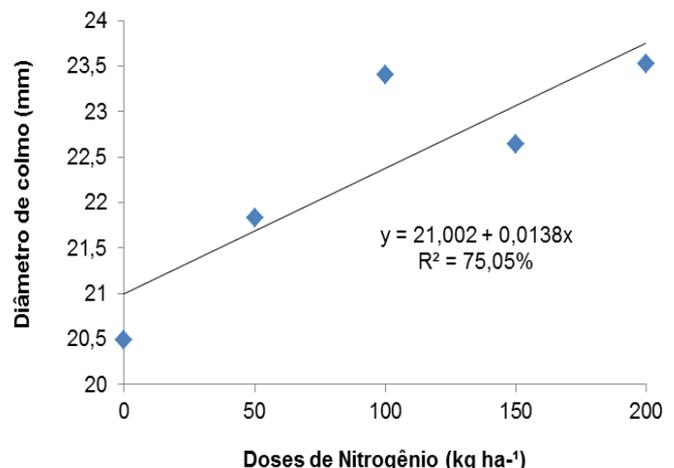


Figura 2 – Diâmetro de colmo em R2, em função das doses de nitrogênio, no segundo ano de plantio do milho, 2013.



CONCLUSÕES

Não houve interação entre doses de nitrogênio e *Azospirillum brasilense*.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho não promove diferenças significativas na altura de plantas e diâmetro do colmo.

O aumento das doses de N resulta em maior altura de plantas (R2), maior diâmetro de colmo (R2).

AGRADECIMENTOS

À Fapemig pelo apoio a pesquisa no Estado de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology*, v.43, p.103-121, 1997.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*, v.50, p.521-577, 2004.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (eds.) *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, 1993. p.63-145.
- CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 5ed. Lavras, 1999. 359 p.
- DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: NEWTON W.E.; NYMAN, C.T. (Ed.) *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION*, vol. 2. Proceedings... Pullman, USA: Washington State University Press, 1976. p.518-538.
- DOTTO, A. P. et al. Produtividade de milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 3, p. 376-382, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Documentos 132. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETTO, D. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FERREIRA, A.S.; PIRES, R.R.; RABELO, P.G.; OLIVEIRA, R.C.; LUZ, J.M.Q.; BRITO, C.H. (2013). Implications of *Azospirillum brasilense* inoculation and nutriente addition on maize in soils of the Brazilian Cerrado under greenhouse and field conditions. *Appl. Soil Ecol.*, 72: 103-108.
- 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*. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.
- HUNGRIA, M. *Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo*. 1ª ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Documento 325)
- LANA, M.C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J.E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. *Revista Ceres*, Viçosa, v.59, n.3, p.399-405, 2012.
- MAGALHÃES, P. C.; JONES, R. Aumento de fotoassimilados na taxa de crescimento e peso final dos grãos de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 25, n. 12, p. 1747-1754, 1990.
- MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Bragantia*, v. 62, p. 267-274, 2003.
- MEIRA, F. A. et al. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. *Semina Ciências Agrárias*, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.
- OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C.A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology & Biochemistry*, v.26, p.1591-1601, 1994.
- REPKE, R. A. Eficiência da *Azospirillum brasilense* na fixação de nitrogênio em milho. *Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Botucatu*, 2013.
- SÁ, J. C. M. Sistema de produção de milho visando alta produtividade na região dos campos gerais no centro-sul do Paraná. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Orgs.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301 p.
- SANGOI, L. et al. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 1, n. 2, p. 1, 2003.
- SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 452-455, 2003.
- 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" (ESALQ)*, Piracicaba, 2003.
- SORATTO, R.P.; PEREIRA, M.; COSTA, T.A.M.; LAMPERT, V.N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. *Revista Ciência Agrônoma*, v. 41, p. 511-518, 2010.
- VON PINHO, R. G. et al. Adução nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. In: *Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo*, 26, 2006, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Associação Brasileira de Milho e Sorgo/Epamig.