



PRODUTIVIDADE EM MILHO SAFRINHA SOB INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO VIA FOLIAR COM *Azospirillum brasilense*

Heitor Pereira Borges Neto¹, Joander Pereira Gouveia¹, Júlio César Neves dos Santos²; Débora Maria Ferreira Canuto³, Reinaldo Silva de Oliveira⁴

¹ Graduando do Departamento de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro *Campus* Uberlândia

² Doutoranda do Departamento de Entomologia da Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

³ Professor Doutor do Departamento de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro *Campus* Uberlândia

⁴ Professor Doutor do Departamento de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro *Campus* Uberlândia (reinaldo@iftm.edu.br), Uberlândia-Brasil

Recebido em: 05/12/2016 – Aprovado em: 15/12/2016 – Publicado em: 31/12/2016
DOI: 10.18677/Agrarian_Academy_2016b9

RESUMO

A cultura do milho demanda grande quantidade de nutrientes, sendo que uma das principais limitações para alcançar altos rendimentos está relacionada ao uso e manejo da adubação nitrogenada (N). No entanto, alternativas para o aumento da produtividade, como a fixação biológica do nitrogênio, devem ser investigadas. O presente trabalho objetivou estudar a produtividade do milho em função de doses de nitrogênio associadas à inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Capim Branco, em Uberlândia, MG. Foi realizado um delineamento experimental de blocos casualizados, composto por 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: aplicação de 100% da dose recomendada de N (200 kg ha⁻¹) sem inoculação; aplicação de 100, 75, 50 e 25% de N com inoculação. Foram utilizadas sementes do milho safrinha NS 90 PRO2[®], com população de 60.000 plantas ha⁻¹ (50 cm entrelinhas). As parcelas foram constituídas de seis linhas com cinco metros de comprimento. Foram avaliados: o peso de mil grãos e a produtividade. A redução da adubação nitrogenada associada com a aplicação fixa do inoculante contribuiu para a redução do peso de mil grãos e da produtividade. Com esse resultado, concluiu-se que não é possível reduzir a dose de nitrogênio e manter o nível produtivo do milho na presença de inoculação das plantas via foliar. Entretanto, a produtividade e o peso de mil grãos foram maiores quando o milho recebeu a inoculação associada à adubação nitrogenada (200 kg ha⁻¹), afirmando que a presença da bactéria ocasiona um incremento de produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Azzofix[®], bactéria diazotrófica, milho de segunda safra.

SECOND CORN CROP YIELD UNDER THE INFLUENCE OF THE NITROGEN FERTILIZATION AND FOLIAR INOCULATION WITH *Bradyrhizobium japonicum*

ABSTRACT

The corn crop demands a great amount of nutrients, and one of the main limitations for high yields is related to the use and management of nitrogen fertilization (N). However, alternatives to increased productivity, such as a biological nitrogen fixation, should be investigated. The present work aimed to study corn production as a function of nitrogen doses associated with foliar inoculation with *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted at the Experimental Farm Capim Branco, in Uberlândia, MG. A randomized complete block design was used, consisting of 5 treatments and 4 replicates. The treatments were: application of 100% of the recommended dose of N (200 kg ha⁻¹) without inoculation; application of 100, 75, 50 and 25% N with inoculation. Corn seeds of NS 90 PRO2® were used, with a population of 60,000 plants ha⁻¹ (50 cm between rows). Each plot was constituted of 6 lines with 5 meters in length. The weight of 1,000 grains and the yield were evaluated. The reduction of nitrogen fertilization associated with the fixed application of the inoculant contributes to a thousand grain weight and yield reduction. With this result, it was concluded that it is not possible to reduce the dose of nitrogen and maintain the level of corn yield in the presence of inoculation of the plants via foliar. However, corn yield and weight increased when it received an inoculation associated with nitrogen fertilization (200 kg ha⁻¹), stating that the presence of bacteria caused an increase in yield.

KEYWORDS: Azzofix®, diazotrophic bacteria, second corn crop

INTRODUÇÃO

O cultivo de milho (*Zea mays* L.) é fundamental para o agronegócio nacional, sendo a produtividade de grãos uma característica que tem aumentado muito nos últimos anos (HÖRBE et al., 2013). De acordo com a CONAB (2016) há uma expectativa de aumento da produção brasileira de milho “safrinha” para a safra 2016/2017, a qual aumentará de aproximadamente 40 milhões para 56 milhões de toneladas, atingindo uma produtividade de 5323 kg ha⁻¹ em uma área de aproximadamente 10 milhões de hectares. Esses números representam valores muito superiores aos observados para a safra 2015/2016, cuja produtividade registrada (3865 kg ha⁻¹) foi muito baixa.

As bactérias diazotróficas são microrganismos responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio (FBN), além de promoverem a produção de reguladores de crescimento e a solubilização de fosfatos (BHATTACHARYYA & JHA, 2012). Outro efeito notável após a inoculação de plantas com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* é a formação de raízes com maior número e densidade de pêlos radiculares. Dessa forma, as plantas conseguem absorver água e nutrientes com maior eficiência, refletindo, assim, no maior desenvolvimento vegetal (SAIKIA et al., 2012).

Com a aplicação de *Azospirillum brasilense* via semente associada à adubação nitrogenada realizada com diferentes doses, COSTA et al. (2015) observaram maior desenvolvimento de plantas de milho quando estas receberam a bactéria via semente. Foi observada maior altura de plantas, diâmetro do caule, índice de clorofila, matéria seca de raízes e parte aérea, comprimento da folha bandeira, peso de mil grãos e produtividade. Resultado similar foi encontrado por

MORAIS et al. (2016) em relação à produtividade quando a bactéria *A. brasilense* foi aplicada no sulco de semeadura. Entretanto, de acordo com trabalhos realizados com LANA et al. (2012) e DARTORA et al. (2013), nem sempre a inoculação favorece aumentos em produtividade ou altura de plantas.

Embora a inoculação do milho possa ocorrer via semente ou sulco de semeadura, outra forma de inoculação ainda deve ser melhor investigada: a inoculação via foliar. Essa pode constituir uma alternativa interessante ao produtor que necessita realizar aplicações em cobertura na cultura.

Diante do exposto acima, o objetivo do presente trabalho foi verificar se a inoculação via foliar de milho safrinha com a bactéria *Azospirillum brasilense*, pode favorecer maior rendimento de grãos em relação às plantas não inoculadas, mesmo com a diminuição da adubação nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Fazenda Capim Branco, no município de Uberlândia, em um Latossolo Vermelho distrófico e com textura argilosa. A área experimental está localizada à 18°50'25,52" S e 48°14'54,04" O, com altitude de 835 m e classificação climática Aw, segundo Köppen.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada bloco apresentou cinco tratamentos: 200 kg ha⁻¹ de N ou 100% da DR (dose recomendada) de N e sem inoculação com *A. brasilense*; 100% da DR de N com *A. brasilense*; 75% da DR de N com *A. brasilense*; 50% da DR de N com *A. brasilense*; 25% da DR de N com *A. brasilense*. A *A. brasilense* foi fornecida com a utilização do produto comercial Azzofix[®].

Foram montados quatro blocos com área de 75 m² por bloco, sendo 15 m² por tratamento e cinco corredores de um metro de largura entre os blocos. Cada parcela foi constituída de seis linhas de cinco metros espaçadas de 0,5 m entre linhas. A área útil destinada às avaliações foi de 3 m², desprezando-se 1,5 m da extremidade de cada linha e considerando apenas as duas linhas centrais de cada parcela.

A variedade de milho escolhida foi a NS 90 PRO2[®], tratada com tiametoxam, por ser bastante adaptada as condições climáticas da região. Foi realizada a análise química do solo, porém não foi necessário realizar a calagem. A correção do P, K, S, Fe, B, Zn, Mn, Mo e Co foi baseado na análise química do solo e na necessidade da cultura. Para a semeadura foi realizada uma dessecação prévia da área 15 dias antes, utilizando o produto comercial GRAMOXONE[®] (paraquat), na dose de 2 L ha⁻¹ e com volume de pulverização de 200 L ha⁻¹. A pulverização foi realizada com uma bomba costal e ponta de pulverização do tipo leque. A semeadura foi realizada com auxílio de semeadora mecanizada, sendo regulada para a distribuição de três sementes por metro linear, totalizando 60000 sementes por hectare. A adubação foi realizada utilizando 200 kg ha⁻¹ de MAP (mono-amônio-fosfato) juntamente com 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCl) no sulco de semeadura.

A adubação de cobertura com Uréia e KCl (120 kg ha⁻¹) foi dividida em V3 e V6, com 14 e 23 DAE (dias após a emergência) respectivamente. A inoculação da *Azospirillum brasilense* foi realizada em V3, utilizando 500 mL de Azzofix[®] e calda de 200 L ha⁻¹. Tanto a inoculação quanto a adubação de cobertura foram realizadas no final da tarde, visando melhor eficiência da inoculação e da adubação de cobertura, visto que nesse período ocorrem temperaturas mais amenas, sendo utilizado pulverizador costal com ponta de jato tipo leque e vazão de 200 L ha⁻¹.

O milho foi colhido e debulhado manualmente. Após a pesagem, os grãos

tiveram a umidade corrigida a 13%. A produtividade do milho foi obtida a partir dos 3 m², cujo valor foi convertido para sacas por hectare, considerando o peso da saca padrão de 60kg. O peso de mil grãos foi determinado a partir de três amostras de cada parcela, sendo que cada amostra foi composta por 1000 grãos. A partir das três amostras, foi determinado a média do peso de mil grãos da parcela.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey a 5% de significância, com auxílio do programa estatístico SISVAR (Versão 5.3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tratamentos com inoculação de *Azospirillum brasilense* e quantidade de N de 150 kg ha⁻¹ ou menos ocorreu perda de produtividade e peso de mil grãos em relação à testemunha (200 kg ha⁻¹ de N sem inoculação com Azzofix[®], ou 100% da dose recomendada de N sem inoculação: 100% da DR sem Azzofix[®]), exceto para o tratamento com 100% da DR com Azzofix[®], no qual foi verificado um aumento significativo da produtividade e do peso de mil grãos (Figuras 1 e 2).

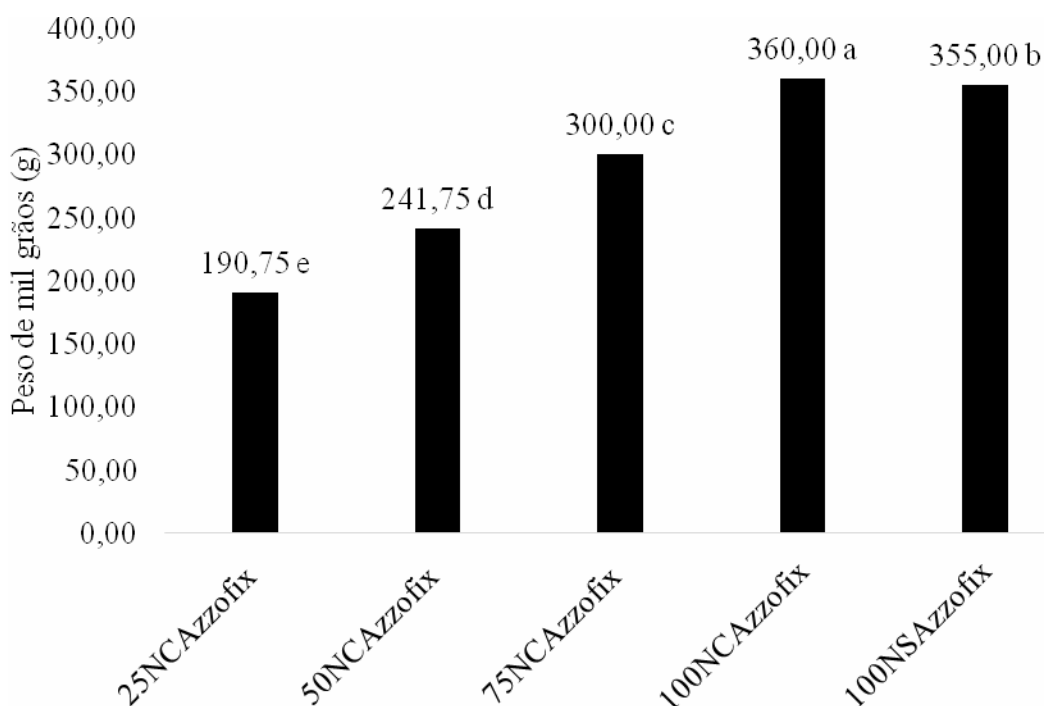


FIGURA 1. Peso de mil grãos de milho em função dos níveis de adubação nitrogenada associada ou não à inoculação com *A. brasilense*.

Para o peso de mil grãos e a produtividade de grãos, as respostas à adubação nitrogenada na literatura são variadas. Pode-se afirmar que contem uma relação direta entre o teor de N presentes nas plantas e os componentes de determinação de produtividade, como o peso de mil grãos e a produtividade da cultura (ULGER et al, 1995). Já OLIVEIRA & CAIRES (2003) verificaram aumento linear do peso de mil grãos em função do aumento das doses de N e que tal componente de produção foi decisivo para aumentar a produtividade de grãos.

Afirma-se que, o tratamento com 100% da adubação nitrogenada mais

inoculação com *Azospirillum brasilense* (100% da DR com Azzofix[®]) obteve incremento de 7% de produtividade em relação a testemunha (200 kg ha⁻¹ de N ou 100% da DR sem inoculação com Azzofix[®]). Conforme já houve também resultados parecidos, com a inoculação do milho com *Azospirillum brasilense* e redução da adubação nitrogenada, proporcionando de 5 a 30% de incremento de produtividade em relação à ausência de inoculação em milho safrinha (HUNGRIA et al., 2010).

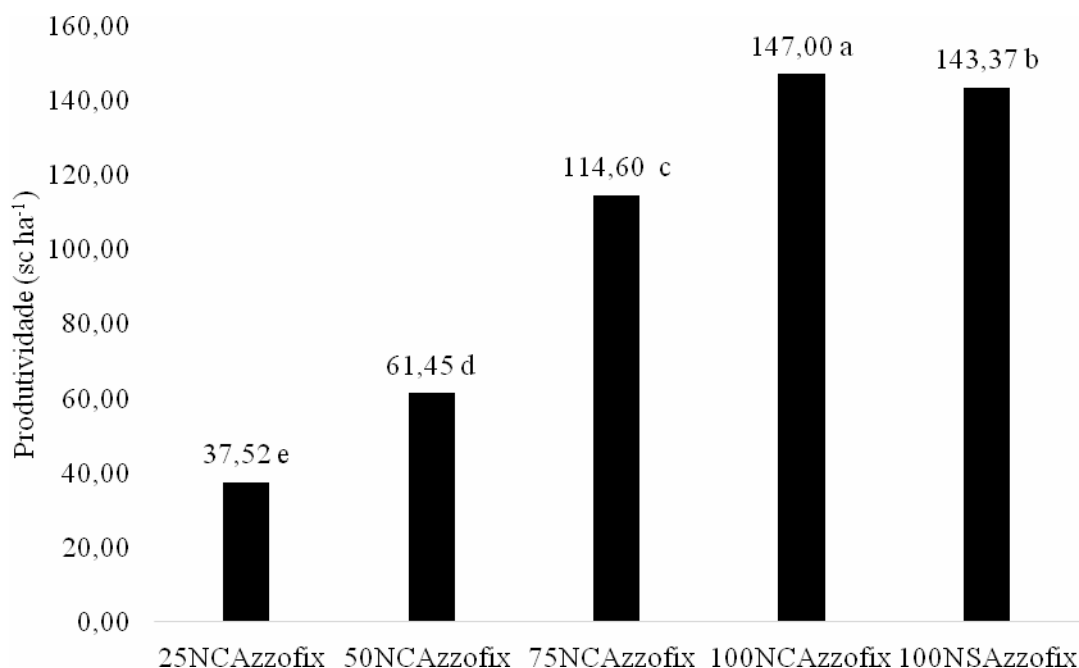


FIGURA 2. Produtividade (sc ha⁻¹) de grãos de milho em função dos níveis de adubação nitrogenada associada ou não à inoculação com *A. brasilense*.

Experimentos já realizados sob diversas condições de solo trazem resultados semelhantes, que são encontrados facilmente na literatura, em também diversas variedades de clima e sistemas de cultivo e descritos por diferentes autores, colocando em evidencia o efeito significativo da adubação nitrogenada sobre os componentes de produção e produtividade do milho (SANGOI et al., 2007; GAVA et al., 2010; MELO et al., 2011).

Por sua vez, a deficiência de N pode antecipar a senescência foliar devido ao retranslocamento de N das folhas mais velhas para os pontos de crescimento, diminuindo a área foliar fotossinteticamente ativa. Esse processo promove significativa queda no rendimento da cultura, principalmente pela redução do comprimento e do diâmetro das espigas, peso de espigas e de grãos (WOLSCHICK et al., 2003).

O uso da bactéria pode proporcionar o aumento da produtividade devido a sua característica de promover o crescimento em plantas aumentando a quantidade de fitormônios que auxiliam no crescimento radicular e no número de radículas, tornando a planta mais vigorosa em função da maior absorção de água e nutrientes, além de diminuir o efeito do estresse hídrico em situações adversas pela exploração do maior volume de solo pelas raízes (CAVALLET et al., 2000; HUNGRIA et al., 2010).

Em trabalho realizado por HUNGRIA et al. (2010) em que somente com a inoculação *Azospirillum brasilense*, sem nenhuma adição de fertilizante nitrogenado, conseguiram um aumento de 10% na produtividade, além disso, foram constatados incrementos significativos na absorção de outros nutrientes, como P, K, Mg, Zn e Cu. Concretizando o motivo de haver um acréscimo de produtividade e peso de mil grãos no tratamento com 100% da dose recomendada de N adicionado o Azzofix®. Desse modo, estima-se que a adoção da tecnologia de inoculação com *Azospirillum brasilense*, somente para a cultura do milho, resulte em uma enorme economia, pois há um aumento na absorção também de outros nutrientes essenciais.

Foi observado um incremento de produtividade sem reduzir a adubação nitrogenada e fornecimento de Azzofix® ao milho via foliar, com isso afirma-se que com uso da *Azospirillum brasilense* pode-se atingir tetos produtivos ainda maiores, aumentando então basicamente a produtividade sem necessidade de aumento de área cultivada. A *Azospirillum brasilense* apesar de todo seu benefício em relação à fixação biológica de nitrogênio não consegue fornecer o suficiente para suprir toda necessidade da cultura do milho, quando comparada com a *Bradyrhizobium japonicum* na soja que por sua vez consegue atingir níveis mais altos de N fixado. O que explica claramente quando notamos a queda de produtividade nos tratamentos com 75% da dose recomendada ou menos (HUNGRIA et al., 2010).

O uso da *Azospirillum brasilense* visando o aumento de produtividade proveniente da fixação biológica de N associado com o aumento da absorção de outros nutrientes torna o uso desta bactéria uma forma de produção sustentável limpa e uma maior eficiência dos recursos despendidos a cultura.

CONCLUSÕES

A redução da adubação nitrogenada associada com a aplicação fixa de 500 mL ha⁻¹ de Azzofix® não contribuiu para o aumento do peso de mil grãos e da produtividade.

A produtividade e o peso de mil grãos foram maiores quando o milho recebeu 100% da adubação nitrogenada associada à aplicação de *Azospirillum brasilense*, em comparação com 100% da adubação recomendada, na ausência de inoculação.

O uso da *Azospirillum brasilense* junto com a recomendação necessária da adubação nitrogenada traz um aumento significativo de produtividade fazendo com que a inoculação da bactéria se torne um benefício para o incremento de produtividade.

AGRADECIMENTOS

Ao IFTM pela bolsa concedida. Aos funcionários da Fazenda Capim Branco pelo apoio operacional para a condução do experimento. À Microquímica pelo fornecimento do inoculante Azzofix®.

REFERÊNCIAS

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.28, p.1327-1350, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-011-0979-9>. doi: 10.1007/s11274-011-0979-9.

CAVALLET, L.E.; PESSOA, A.C.S.; 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**, v.4, n.1, p.129-132, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-4366200000100024> . doi: 10.1590/S1415-4366200000100024 .

CONAB (COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2016/2017** (Terceiro Levantamento, dezembro 2016), v.4, n.3 (2016). Brasília: Conab, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_14_11_29_29_boletim_graos_dezembro_2016.pdf>. Acesso em: 14 de dezembro de 2016.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. S. F.; NAVES, D. C. F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304-311. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593>. doi: 10.1590/1983-40632015v4534593.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; PINTO JÚNIOR, A. S.; CRUZ, L. M.; MENSCH, R. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 3, p. 175-181. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v12n3p175-181>. doi: 10.18188/1983-1471/sap.v12n3p175-181.

GAVA, G. J. de C.; OLIVEIRA, M. W.; SILVA, M. de A.; JERÔNIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; TRIVELIN, P. C. O. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de 15N-uréia. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 851-862, 2010.

HÖRBE, T. A. N.; AMADO, T. J. C.; FERREIRA, A. O.; ALBA, P. J. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v.14, n.4, p.450-465, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-013-9308-7>. doi: 10.1007/s11119-013-9308-7.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**. The Hague. v.331, p.413-425, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>. doi: 10.1007/s11104-009-0262-0.

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 399-405. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300016> . doi: 10.1590/S0034-737X2012000300016.

MELO, F. de B.; CORÁ, J. R.; MILTON, J. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 27-31, 2011.

MORAIS, T. P.; BRITO, C. H.; BRANDÃO, A. M.; REZENDE, W. S. Inoculation of **AGRARIAN ACADEMY**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.3, n.06; p. 51 2016

maize with *Azospirillum brasilense* in the seed furrow. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 290-298. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160034>. doi: 10.5935/1806-6690.20160034.

OLIVEIRA, J. M. S.; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 25, p. 351-357, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.1926>. doi: 10.4025/actasciagron.v25i2.1926.

SAIKIA, S. P.; BORA, D.; GOSWAMI, A.; MUDOI, K. D.; GOGOI, A. A review on the role of *Azospirillum* in the yield improvement of non-leguminous crops. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 6, p.1085-1102. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5897/AJMRX11.019>. doi: 10.5897/AJMRX11.019.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SILVA, P. R. F. da. Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic matter. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 507-517, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000300011>. doi: 10.1590/S0100-06832007000300011 .

ULGER, A.C.; BECKER, A.C.; KANT, G. Response of various maize inbreed line and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.159, p.157-163, 1995.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T; JADOSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “El Niño”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 461-468, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300008>. doi: 10.1590/S0100-06832003000300008.