

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (8)

August 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13820201044>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=1044&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



Utilização de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na cultura do milho

Use of *Azospirillum brasilense* and nitrogenate fertilization in maize crop

C. H. N. Pinheiro¹, V. M. M. de Lima¹, M. M. Stiva¹, V. L. da Silva²

¹ Centro Universitário do Vale do Araguaia

³ Universidade Estadual de Goiás - São Luís de Montes Belos

Author for correspondence: valeria.silva21@hotmail.com

Resumo. O milho é altamente exigente em nitrogênio, entretanto esse nutriente possui alto custo e faz com que seja necessário buscar maior eficiência em sua utilização nesta cultura. Esta pesquisa objetivou analisar o desenvolvimento dessa cultura utilizando a adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense*. O delineamento do experimento foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, sendo o primeiro fator a inoculação de *Azospirillum* e o segundo fator doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha⁻¹). A interação entre o inoculante e a adubação nitrogenada mostrou significância nas variáveis altura de planta e diâmetro de colmo. A aplicação em consórcio com a inoculação de *Azospirillum* aumenta significativamente seus rendimentos, podendo ser uma alternativa para produção mais sustentável e economicamente viável.

Palavras-chave: *Azospirillum sp.*, Uréia, *Zea Mays* L.

Abstract. Corn is highly demanding in nitrogen, but this is an onerous element, and it is necessary to seek greater efficiency in its use in this crop. This research aimed to analyze the development of this crop using nitrogen fertilization and inoculation of *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted in a randomized block design in a 2 x 5 factorial scheme, the first factor being the inoculation of *Azospirillum* and the second factor the nitrogen doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg of N ha⁻¹). The interaction between the inoculant and the nitrogen fertilization showed significance in the variables plant height and stem diameter. Correct nitrogen administration is essential for maize, and application in conjunction with the inoculation of *Azospirillum* significantly increases yields and may be an alternative to more environmentally and economically sustainable production.

Keywords: *Azospirillum sp.*, Urea, *Zea Mays* L.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) tem grande importância mundial devido a sua diversidade de uso, extensão da área cultivada e de sua alta capacidade produtiva. Os maiores produtores mundiais são os Estados Unidos, a China e o Brasil. Existem inúmeros quesitos que influenciam de modo negativo para que não aconteça elevação produtiva, sendo a nutrição mineral de plantas o fator de maior relevância para o manejo adequado (USDA, 2011).

Esta cultura exige alta concentração de nutrientes, principalmente o nitrogênio (N), sua falta pode causar uma queda brusca na síntese de grãos. Plantas com deficiência visual em N apresentam amarelecimento das folhas baixas, logo após clorose geral e diminuição da área

fotossintética. Em várias situações aparecem más formações no crescimento das espigas (SUBEDI e MA, 2009).

A utilização do nitrogênio na adubação é fundamental para o melhor desenvolvimento da cultura, entretanto, os insumos nitrogenados são oriundos de combustíveis fósseis não renováveis, tornando-se assim um elemento caro, elevando o custo de produção da lavoura (CANTARELLA, 2007; FERNANDES; LIBARDI; TRIVELIN, 2008)

A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é a transformação do nitrogênio atmosférico (N₂) para amônia (NH₃). A redução do nitrogênio para amônia ocorre na presença de microrganismos denominados fixadores de nitrogênio (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013). Algumas bactérias isoladas da cultura do milho que se destacam são

as espécies *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*, sendo as do gênero *Azospirillum* as de maior interesse para pesquisa (REIS et al., 2000).

A bactéria *Azospirillum brasilense* é uma espécie aeróbia facultativa (capaz de sobreviver na presença ou ausência de oxigênio) e se desenvolve no interior e exterior das raízes, sabendo-se que não só o milho, mas outras culturas podem ter melhorias em seus resultados de produção (BERGAMASCHI et al., 2007). Muitos pesquisadores observaram que o resultado estimulante causado por estas bactérias é atribuído a diversos mecanismos, levando-se em conta a síntese de hormônios e a FBN (MENDONÇA; URQUIAGA; REIS, 2006).

Além da capacidade de fazer a FBN e colaborar com o desenvolvimento dos vegetais, *Azospirillum brasilense* é um microrganismo que promove maior desenvolvimento da área radicular, maior capacidade de absorção de sais minerais e elementos nutritivos (HUNGRIA et al., 1996).

Na tentativa de suprir a demanda da agricultura e a manutenção de áreas mal manejadas, há conseqüentemente um aumento no uso de insumos no país, sendo seu comércio nacional pequeno e dependente das compras externas. É de suma importância a busca de opções para o melhor aproveitamento dos adubos. Alguns microrganismos podem realizar este papel, para garantir que as produções de milho aumentem e seja menos dependente da importação dos fertilizantes, assim mantendo o menor custo (HUNGRIA, 2011).

É importante salientar resultados de grande significância de outros elementos como fósforo, potássio, magnésio, zinco e cobre, levando em consideração a necessidade de nutrientes exigidos pela cultura, a eficácia na absorção do adubo pelos vegetais e o valor no comércio brasileiro (HUNGRIA et al., 1996).

A utilização de *Azospirillum brasilense* aumenta as expectativas nas pesquisas nacionais no ramo da biotecnologia. Deste modo, proporciona aos produtores redução nas despesas da lavoura e, ao ecossistema, diminuição nos impactos ecológicos oriundos do uso de fertilizantes (HUNGRIA et al., 1996).

A cada ciclo que se passa, a utilização de insumos para suprir a demanda dos mercados consumidores de grãos aumenta, e com isso a necessidade de se buscar novos meios para suprir essa demanda eleva-se também. Pensando deste modo, é imprescindível a necessidade de observar a modificação no manejo das culturas para que o aumento de produção não cesse. Os fertilizantes utilizados são adquiridos através de fontes não renováveis e se tornam cada dia mais caros. Utilizar inoculação de microrganismos fixadores biológicos de nitrogênio nas lavouras para colaborar no melhor desempenho das plantas pode ser uma alternativa.

O objetivo desse trabalho foi analisar o desenvolvimento da cultura de milho com inoculação de *Azospirillum brasilense* associado à adubação nitrogenada, comparando-se com plantio efetuado apenas com adubação nitrogenada.

Métodos

O experimento foi realizado nas dependências das Faculdades Unidas do Vale do Araguaia – UNIVAR, no município de Barra do Garças – MT, com a localização geográfica situada na latitude sul 15° 53' 18" e longitude oeste 52° 16' 44", entre os meses de maio e agosto de 2017, com o clima classificado em Tropical Aw (conforme descrição de Köppen-Geiger) e altitude 322m em relação ao nível do mar.

Conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC) com esquema fatorial 2 x 5, sendo o primeiro fator a inoculação de *Azospirillum brasilense* (presença e ausência) e o segundo fator as doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N.ha⁻¹), consistindo em 10 tratamentos com quatro repetições cada, totalizando-se 40 parcelas.

Cada parcela foi representada por um vaso de polietileno com capacidade de onze litros com uma planta de milho (variedade 2B688 PowerCore eflex), sendo estes completamente preenchidos com solo franco arenoso de camada húmica e regularmente irrigados, sem excessos para evitar lixiviações, mantendo boa umidade do solo. Adubação corretiva de potássio (K), 120 kg ha⁻¹ de K₂O, e fósforo (P), 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, foi realizada conforme necessidade observada em análise.

No momento da semeadura, os tratamentos com *Azospirillum brasilense* receberam inoculação de oito vezes a dose comercial do produto (sendo 100 ml para 25 kg de sementes considerado uma dose comercial). Assim, a inoculação foi feita proporcionalmente ao peso das sementes utilizadas na semeadura.

As doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N.ha⁻¹) foram aplicadas no momento da semeadura, sendo utilizada a ureia (45% de N). Desta forma, as doses foram ajustadas proporcionalmente ao volume do vaso (0,011m³), levando-se em consideração 2000 m³ o volume de solo de um hectare.

As características (altura e diâmetro de colmo) das plantas foram avaliadas aos 30, 60 e 90 Dias após semeadura (DAS). Foi realizada também a avaliação de biomassa total da parte aérea e da raiz além de matéria seca da parte aérea aos 90 DAS.

Para a análise de altura (cm) foi utilizada uma trena, medindo-se a partir da base da planta até a ponta da folha mais jovem, e para diâmetro de colmo (cm), utilizou-se um paquímetro, onde foram realizadas medições a 5,0 cm da base da planta.

Já, para as avaliações de biomassa total da parte aérea (g) e raiz (g), foram coletadas as plantas dos vasos e realizada a separação da raiz.

Posteriormente, estas foram lavadas, enxugadas e pesadas em balança digital.

Na análise de matéria seca (%), foram pesadas a parte aérea das plantas verdes e posteriormente encaminhadas para estufa a 70 °C por 72 h. Após serem desidratadas, as plantas foram pesadas novamente e assim calculada a proporção de matéria seca existente no material.

Todos os dados coletados foram tabulados e submetidos à análise de variância (teste F $p < 0,05$), e posteriormente, quando alcançado grau de significância, analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa de análises estatísticas SISVAR.

Resultados e discussão

Através do ensaio realizado foi possível constatar que a utilização de diferentes doses de nitrogênio com a utilização de *Azospirillum* demonstraram resultados significativos na interação entre estes fatores para as análises de altura de

plantas aos 60 DAS e 90 DAS (Tabela 1), e diâmetro de colmo aos 90 DAS (Tabela 2). Além disso, pode-se observar que as doses de N, para as análises de altura de plantas aos 30 DAS (Figura 1), diâmetro de caule aos 60 DAS (Figura 2), massa verde parte aérea (Figura 3), peso de raiz (Figura 4) e matéria seca parte aérea (Figura 5).

Nas avaliações de altura de plantas foram obtidos resultados significativos para as doses de nitrogênio aos 30 DAS (Figura 1), podendo ser observado pela linha de tendência que as doses de nitrogênio aplicadas induziram o crescimento de plantas até 98,66 kg ha⁻¹, já as doses maiores afetaram negativamente o desenvolvimento em altura da cultura. Tal fato pode estar relacionado a possível influência negativa do excesso de N, contribuindo para alta desnitrificação do nutriente, maior volatilização do elemento, indução de toxidez na planta, e acidificação do solos pelas altas doses, um vez que a fonte de aplicação foi a ureia.

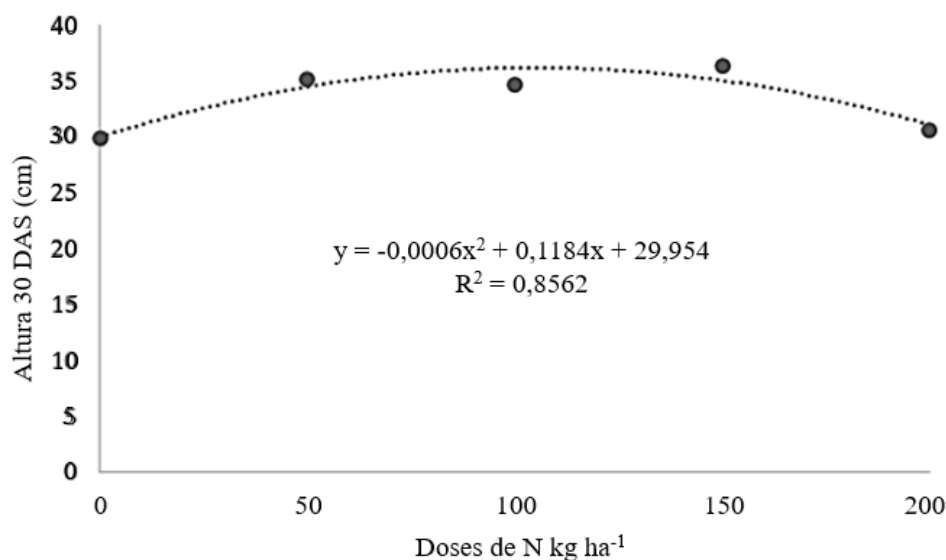


Figura 1- Altura de Plantas de Milho aos 30 DAS, submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Na fase inicial do milho, a adubação nitrogenada é de essencial importância para o crescimento, onde o aumento das doses de N demonstraram resultados significativos, assim como observado por Castro, Kluge, Sestari (2008), os quais afirmam que o aumento do teor de N disponibilizado às plantas pode proporcionar maior crescimento e aumento da área foliar nesta cultura.

O nitrogênio absorvido é incorporado aos compostos de carbono, formando os aminoácidos. Esses compostos são essenciais na síntese de proteínas, ácidos nucleicos e substâncias nitrogenadas do metabolismo celular. São importantes materiais básicos para a constituição da planta (CAPALDI, 2002).

Aos 90 DAS foi observado que as aplicações de *Azospirillum* demonstraram maiores efeitos quando aplicados conjuntamente com o adubo nitrogenado nas doses 100 e 200 kg ha⁻¹ N, mostraram maiores influências na altura de plantas.

As bactérias de *Azospirillum brasilense* podem atuar no crescimento da planta através da produção de substâncias promotoras de crescimento (auxinas, giberelinas e citocininas), as quais proporcionam melhor desenvolvimento radicular e por consequência maior absorção de água e nutrientes resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (CORREA et al., 2008).

Essas bactérias são gram-negativas de vida livre, com metabolismo de carbono e N bastante

versáteis, sendo em seu metabolismo utilizado fontes de N como amônia, nitrato, nitrito, aminoácidos e nitrogênio molecular (ELMERIC; NEWTON, 2007). Explicando assim o motivo pelo qual a associação da adubação nitrogenada e a inoculação demonstrar resultados positivos no crescimento das plantas, sendo possível afirmar que a utilização consorciada destes fatores pode trazer benefícios para o cultivo da cultura do milho.

Na avaliação de diâmetro de colmo aos 60 DAS (Figura 2) apenas as doses de N foram significativas independente da utilização de inoculantes, sendo possível observar que as doses crescentes até 125 kg ha⁻¹ N proporcionaram aumento na espessura da planta e a partir dessa dose o efeito do nitrogênio foi decrescente causando a diminuição no diâmetro do colmo.

Tabela 1 - Altura de Plantas de Milho aos 60 e 90 DAS, submetidas a diferentes doses de Nitrogênio com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*.

Altura de Plantas com 60 DAS (cm)		
Doses N Kg ha ⁻¹	Sem Inoculante	Com Inoculante
0	48,75 aA	50,25 aA
50	67,75 aAB	68,00 aABC
100	70,25 aB	72,25 aBC
150	63,00 aAB	76,25 aC
200	73,00 aB	56,00 aAB
CV%	14,28%	
Altura de Plantas com 90 DAS (cm)		
Doses N Kg ha ⁻¹	Sem Inoculante	Com Inoculante
0	72,75 aA	74,75 aAB
50	79,50 aAB	93,00 aBC
100	80,50 aAB	97,25 bC
150	94,50 aB	95,75 aC
200	70,75 aAB	87,00 bA
CV%	11,89%	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

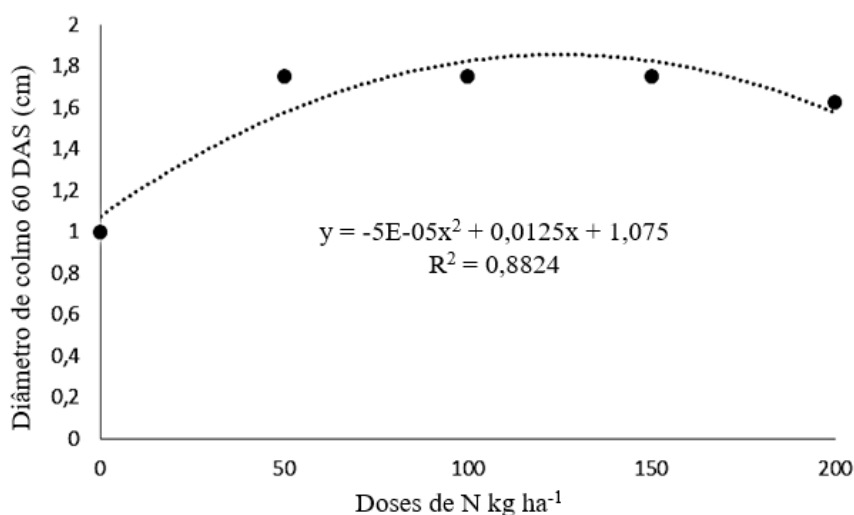


Figura 2 - Diâmetro de colmo de plantas de milho aos 60 DAS submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Plantas de milho adequadamente nutridas por N apresentam maior desenvolvimento no seu estágio vegetativo, devido o N ser fundamental na divisão e expansão celular e no processo

fotossintético, assim observa-se que nesta fase a adubação nitrogenada no plantio foi de suma importância para a planta e colaborou para a obtenção destes resultados (CARVALHO, 2005).

Aos 90 DAS a avaliação de diâmetro de colmo (Tabela 2) mostrou interação entre as doses de nitrogênio e a aplicação de inoculantes, resultando em aumento de espessura do caule quando aplicados concomitantemente. Isto pode ser observado para a dose de 50 kg ha⁻¹ N, podendo ser afirmado que mesmo quando utilizado em menores doses, o nitrogênio, por sua ação conjunta com *Azospirillum* pode influenciar no aumento de espessura do caule, proporcional à utilização de doses mais altas.

O nitrogênio trabalhando na divisão e expansão celular e as bactérias fornecendo nitrogênio assimilável pela planta faz com que as reservas da planta aumentem e a planta cresça e tenha uma boa desenvoltura no seu estágio vegetativo. Segundo Fancelli e Dourado Netto (2000), o crescimento do colmo ocorre a partir da emissão da oitava folha e prolonga-se até o florescimento, mas principalmente como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que são utilizados posteriormente na formação dos grãos.

Na avaliação de matéria verde (Figura 3) produzida, as doses demonstraram aumento na produção até a dose de 130,98 kg ha⁻¹ e demonstrando reduções a partir disso.

Tabela 2 - Diâmetro de colmo de plantas de milho aos 90 DAS submetidas a diferentes doses de nitrogênio com e sem inoculação por *Azospirillum brasilense*.

Diâmetro de Colmo com 90 DAS (cm)		
Doses N Kg ha ⁻¹	Sem Inoculante	Com Inoculante
0	1,25 aAB	1,00 aA
50	1,00 aA	2,00 bB
100	1,75 aB	2,00 aB
150	1,75 aB	2,00 aB
200	1,75 aB	2,00 aB
CV%	19,86%	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

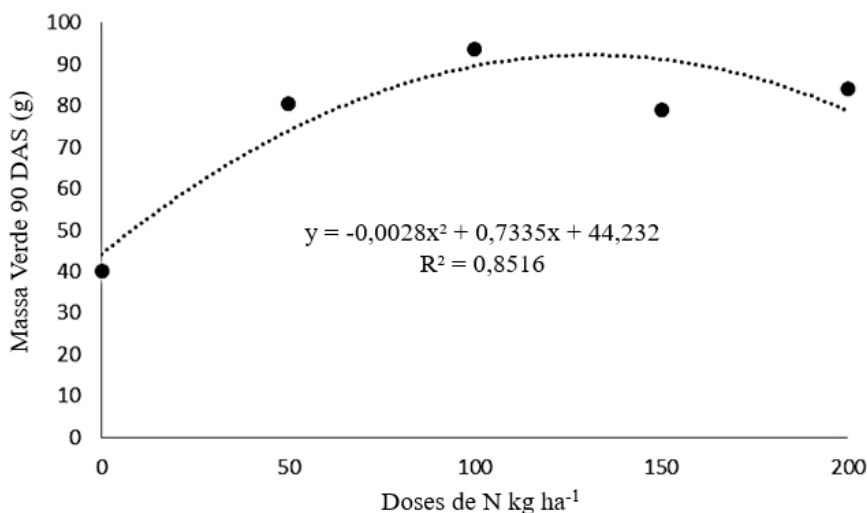


Figura 3 - Massa verde de plantas de milho aos 90 DAS submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

O milho por ser uma gramínea, não apresenta as mesmas características de afinidade às bactérias fixadoras de nitrogênio como as leguminosas, e por isso não realiza esse processo via simbiose (FERNANDES; RODRIGUES, 2014), assim necessitando de adubação complementar e para expressar seu alto potencial produtivo precisa

ter todas essas exigências supridas, como dito por HURTADO et al., (2009), que além da quantidade disponível no solo a planta precisa de um complemento nutricional.

Para o desenvolvimento radicular (Figura 4), observou-se através dos pesos que doses até 128,98 kg ha⁻¹ resultaram de modo positivo para a

planta, aumentando sua área radicular, observando em doses acima deste valor a redução no seu peso total.

É de fundamental importância observar, que para o bom crescimento da planta, deve-se manter uma adubação adequada, assim estreitando a relação entre os manejos com o desenvolvimento radicular e da planta. Uma proliferação extensiva da área radicular é essencial para capacitar a planta para maior absorção de água e nutrientes do volume de solo em que se encontram. Pissaia (1997) observou que, a extensão do sistema radicular também determina a profundidade de absorção e exploração das reservas de água e nutrientes encontrados no subsolo.

Na avaliação do acúmulo de matéria seca (Figura 5), as doses até 113,5 kg ha⁻¹ de N

proporcionaram resultado positivo, enquanto as doses maiores afetaram negativamente as plantas. Isto se deve ao fato que vegetais bem desenvolvidos exigem alto acúmulo de água, nutrientes e a devida adubação na cultura de milho, faz com que a planta atinja suas melhores características agrônômicas.

Resultados encontrados nesse trabalho, principalmente nas análises de altura de planta aos 30 DAS, condizem com os encontrados por Bortolini et al. (2002) que demonstram a necessidade de aumento da dose de N, no momento da semeadura, para suprir a carência inicial em função da imobilização, recomendando que parte seja fornecido em cobertura.

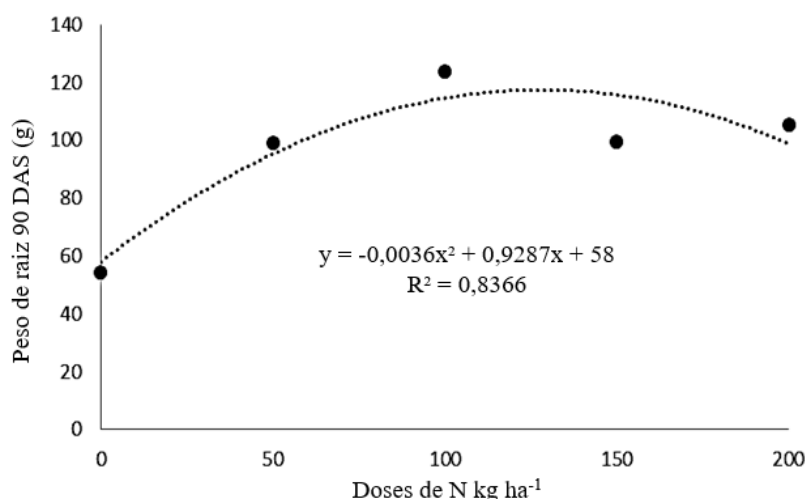


Figura 4 - Peso de raízes de plantas de milho aos 90 DAS submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

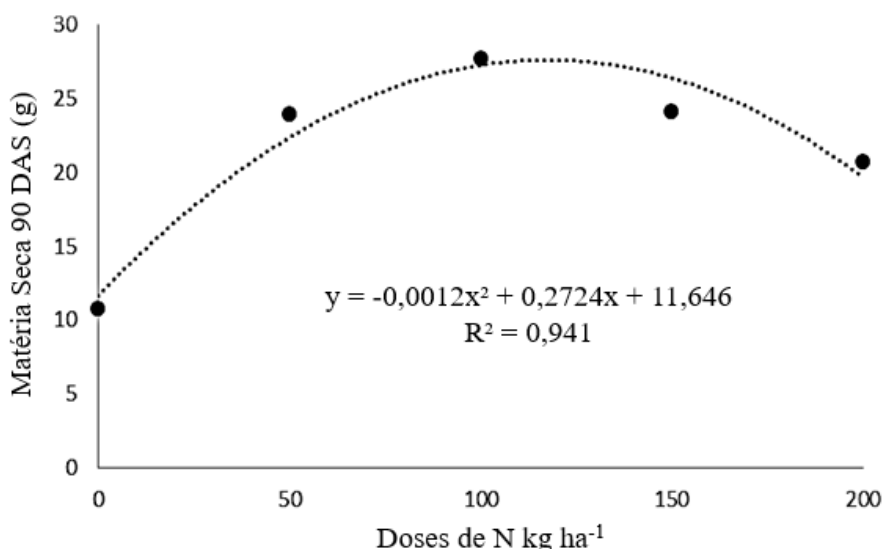


Figura 5 - Matéria seca de plantas de milho aos 90 DAS submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Conclusão

A inoculação de *Azospirillum brasilense* mostrou-se mais eficiente em consórcio com

adubação nitrogenada para a variável de altura de planta no decorrer de seu desenvolvimento. Colaboram para uma planta mais vigorosa ao longo de seu ciclo. Assim é possível afirmar que o consórcio de adubação nitrogenada e inoculação de bactérias diazotróficas na cultura do milho é uma boa alternativa para os cultivos, uma vez que os custos da inoculação e seu impacto ambiental é menor que apenas com adubação nitrogenada em doses elevadas.

Referências

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; DE QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. de O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. *Ciência Rural*, v. 37, n. 3, p. 727-733, 2007.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 361-366, 2002.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CAPALDI, F. R. Avaliação de diferentes fontes de nitrogênio em explantes de *Clytomeria japônica* D. Don. "Elegans" cultivados 'in vitro': avaliações bioquímicas e relações entre reguladores vegetais. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais, com opção em Manejos de Florestas de Produção) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 2002.

CARVALHO, P. G. DE. Efeitos do nitrogênio e no metabolismo de frutanos em *Vernonia herbacea* (Vell.) Rusby. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 2005.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos. São Paulo: Agronômica Ceres, 2008. p. 864 .

CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 87-95.

ELMERICH. C.; NEWTON, W. E. Associative and eudoplrytic nitrogen-fixing bactéria and cyaubacterial associatious. *Nitrogen Fixation:*

Origins, Applications, and Research Progress, v. 5, p. 321. 2007.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETTO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L.; TRIVELIN, P. C. O. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho e utilização do N residual pela sucessão aveia preta - milho. *Ciência Rural*, v. 38, n. 4, p. 1138-1141, 2008.

FERNANDES, J. R. C.; RODRIGUES, P. Importância da inoculação com bactérias *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* na produção de leguminosas e o uso do azoto. *Agronegocios.eu*. 2014. Disponível em: <
<http://www.agronegocios.eu/noticias/importancia-da-inoculacao-com-bacterias-rhizobium-e-bradyrhizobium-na-producao-de-leguminosas-e-o-uso-do-azoto/> >. Acessado em 28 de mai. de 2018

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; PEDROSA, F. O.; SOUZA, E. M. Estirpes comerciais de *Azospirillum* recomendada para as culturas do Milho e do Trigo. Embrapa Soja e UFPR, 1996, p. 1-2.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Documento 325. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. 37p.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with *Rhizobia* and *Azospirilla*: strategies to improve sustainability. *Biology and Fertility of Soils*, v. 49, n. 7, p. 791 - 802, 2013.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V.; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada em cobertura em lavoura de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, p. 300-309, 2009.

MENDONÇA, M. M.; URQUIAGA, S. S.; REIS, V. M. Variabilidade genotípica de milho para acumulação de nitrogênio e contribuição da fixação biológica de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 11, p. 1681-1685, 2006.

PISSAIA, A. Eficiência de três formas de fertilização do solo, a campo e rizotron, sobre cultura do milho. Curitiba, 138 f. Tese (Doutorado em Ciências) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 1997.

REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in gramineae and palm trees. *Critical Review in Plant Sciences*, v. 19, n. 3, p. 227-247, 2000.

SUBEDI, K. D.; MA, B. L. Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment. *Field Crops Research*, v. 110, n. 1, p. 21-26, 2009.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. World corn production,

consumption. and stocks. 2011. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdReport1.aspx?hidReportRetrieval=59&evalTemplateID=7>>. Acesso em: 15 nov. 2016.