

Fertilização de sulfato de magnésio na cultura do milho submetido à inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal

Resumo: As bactérias promotoras de crescimento vegetal promovem maior crescimento de raízes aumentando absorção de água e sais minerais. Este estudo teve objetivo de estudar a inoculação de *Azospirillum brasilense* em plantas de milho submetidas a doses de sulfato de magnésio. No estudo adotou-se delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5. O primeiro fator, tratamento controle e inoculação de *A. brasilense*. O segundo fator foi 5 doses de magnésio, 0; 50; 100; 200; 300; mg dm⁻³ de solo. O estudo foi conduzido em casa de vegetação até os 15 DAE e 40 DAE. Sendo avaliado aos 15 DAE o comprimento de raiz, volume de raiz, massa seca de raiz e parte aérea, e índice SPAD. Aos 40 DAE foi avaliado as trocas gasosas e diâmetro de colmo, comprimento de parte aérea, massa seca de raiz e parte aérea, e índice SPAD. A avaliação aos 15 DAE demonstrou que inoculação incrementa volume e comprimento de raiz. A fertilização de magnésio incrementa volume de raiz e massa seca de parte aérea até a dose de 300 mg dm⁻³ de solo. A inoculação associada a doses de magnésio incrementar à massa seca de raiz. Aos 40 DAE a inoculação incrementa o comprimento de parte aérea e massa seca de raiz. A fertilização de magnésio incrementa a massa seca de raiz até a dose de 300 mg dm⁻³ de solo. Plantas inoculadas também apresentam maior eficiência nas trocas gasosas e para índice SPAD houve interação entre inoculação e fertilização.

Palavras-Chaves: *Zea mays* L; *Azospirillum brasilense*; crescimento.

Fertilization of magnesium sulfate in the culture of corn submitted to the inoculation of bacteria that promote plant growth

Abstract: Plant growth-promoting bacteria promote greater root growth by increasing the absorption of water and mineral salts. This study aimed to study the inoculation of *Azospirillum brasilense* in corn plants submitted to doses of magnesium sulfate. In the study, a randomized block design was adopted, in a 2 x 5 factorial scheme. The first factor, control treatment and inoculation of *A. brasilense*. The second factor was 5 doses of magnesium, 0; 50; 100; 200; 300; mg dm⁻³ of soil. The study was conducted in a greenhouse until 15 DAE and 40 DAE. At 15 DAE, root length, root volume, root dry weight and aerial part, and SPAD index were evaluated. At 40 DAE, gas exchange and stem diameter, shoot length, dry root and shoot weight, and SPAD index were evaluated. The evaluation at 15 DAE showed that inoculation increases root volume and length. Magnesium fertilization increases the root volume and dry matter of the aerial part up to a dose of 300 mg dm⁻³ of soil. The inoculation associated with doses of magnesium increase the dry mass of root. At 40 DAE, inoculation increases the shoot length and root dry matter. Magnesium fertilization increases the root dry mass up to a dose of 300 mg dm⁻³ of soil. Inoculated plants also show greater efficiency in gas exchange and for the SPAD index there was an interaction between inoculation and fertilization.

Key words: *Zea mays* L; *Azospirillum brasilense*; growth.

Introdução

A cultura do milho apresenta grande importância no cenário nacional, sendo utilizado na alimentação humana, mas principalmente pelo seu emprego na produção animal. O Brasil é grande produtor de milho, no entanto, isso ocorre através de investimentos onerosos de implantação e condução da cultura. Por isso, vários estudos buscam desenvolver técnicas para reduzir os custos de produção para que o sistema seja mais sustentável. Entre as técnicas está o uso da inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal.

O *Azospirillum brasilense* é uma das bactérias estudadas. Sendo caracterizada como endofítica facultativa, colonizando tanto a rizosfera como regiões internas das plantas (BALDANI e BALDANI, 2005). Dentre os efeitos positivos do *A. brasilense* destaca-se o estímulo ao maior crescimento e desenvolvimento que conseqüentemente causa incremento na produção (CASSAN e DIAZ-ZORITA, 2016) por meio do fornecimento de hormônios vegetais como auxinas, giberelinas e citocininas (MASCIARELLI *et al.*, 2013).

As bactérias promotoras de crescimento vegetal ao fornecer hormônios vegetais estimulam o crescimento do sistema radicular e proporcionam maior área de absorção de água e íons (MORAES *et al.*, 2016) e conseqüentemente ocorre maior absorção de nutrientes como nitrogênio e fósforo (HUNGRIA *et al.*, 2011).

Em função do aumento da capacidade de absorção de íons busca-se estudar o maior aproveitamento de nutrientes pelas plantas inoculadas, destacando os estudos com nitrogênio, fósforo e potássio (HUNGRIA *et al.*, 2011). Apesar do magnésio ser um nutriente importante para processos fisiológicos essenciais da planta são escassos os relatos sobre a interação deste nutriente com BPCV na cultura do milho.

O nutriente magnésio tem papel importante nas plantas, integrando e ativando enzimas, sendo a ribulose-1,5-bifosfato (RuBP) carboxilase/oxigenase (TAIZ *et al.*, 2017). A deficiência de magnésio causa a degradação dos cloroplastos, assim, reduz a taxa fotossintética, pois afeta diretamente a difusão e a fixação de CO₂ e conseqüentemente há prejuízos ao crescimento, desenvolvimento e produção das plantas.

Portanto, a inoculação de *A. brasilense* associada à fertilização com magnésio contribui para o maior teor de clorofila, maior taxa fotossintética e conseqüentemente maior crescimento e desenvolvimento das plantas de milho.

Nesse contexto este estudo teve como objetivo investigar o teor relativo de clorofila, trocas gasosas, altura e acúmulo de massa seca em função da inoculação de *Azospirillum brasilense* em plantas de milho submetidas a fertilização de magnésio.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação de Horticultura e Cultivo Protegido Professor Mário César Lopes pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon.

A pesquisa foi implantada em esquema fatorial 2x5 sob delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, o primeiro fator era composto por dois tratamentos de sementes de milho, tratamento controle e com inoculação de *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6) com 2×10^8 UFC mL⁻¹. O segundo fator era composto por diferentes doses de magnésio 0; 50; 100; 200; 300 mg dm⁻³ de solo. Para fornecer as doses de magnésio foi usado sulfato de magnésio. O experimento foi implantado em vasos de plástico de 4 e 8 dm³ simultaneamente, a parte referente aos vasos de 4 dm³ foi avaliada aos 15 dias após a emergência (DAE) e a de vasos de 8 dm³ foi avaliada aos 40 dias após a emergência (DAE).

O solo utilizado foi um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (SANTOS *et al.*, 2018) do município de Marechal Cândido Rondon - PR, as características químicas na camada de 0-20 cm: P = 13,95 mg dm⁻³; Mo = 20,51g dm⁻³; pH(CaCl₂) = 5,34; H+Al = 2,65; Al⁺³ = 0,00 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,36 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 4,34 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,23 cmol_c dm⁻³; CTC = 8,58 cmol_c dm⁻³; V% = 69,11; Cu = 11,30 mg dm⁻³; Zn = 4,20 mg dm⁻³; Mn = 11,73 mg dm⁻³; Fe = 50,10 = mg dm⁻³.

O solo utilizado como substrato foi fertilizado utilizando a recomendação de adubação para experimentos em vasos, fornecendo: 150 mg dm⁻³ de K na forma de cloreto de potássio e 300 mg dm⁻³ de P na forma de super fosfato simples, o que adicionou 40 mg dm⁻³ de S e 85 mg dm⁻³ de Ca (NOVAES *et al.*, 1991). Além disso, também foram adicionadas as doses de sulfato de magnésio. Após adição de fertilizantes, o solo foi mantido incubado em vasos de 4 e 8 dm³ por 30 dias, seguido da semeadura com seis sementes do milho híbrido 30F53H *Pioneer*. Aos três dias após a emergência foi realizado o desbaste mantendo três plantas por vaso.

Na etapa do experimento conduzida até os 15 DAE foi determinado o teor relativo de clorofila (índice SPAD) com auxílio do aparelho portátil SPAD502-Plus Konica Minolta. As

medidas foram realizadas em quatro folhas totalmente expandidas de cada uma das três plantas de cada vaso, obtendo-se um valor médio por vaso.

Aos 15 DAE foi determinado o comprimento de raiz, expresso em centímetros (cm). Além disso, também foi determinado o volume de raiz expresso em decímetros cúbicos (dm³). Depois as plantas foram secas em estufa á 65 °C durante 72 horas até atingirem massa constante, quando a massa foi mensurada em balança analítica de precisão, obtendo massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA), expressas em gramas (g).

Na etapa do experimento conduzida até os 40 DAE foi determinado o teor relativo de clorofila (índice SPAD) com auxílio do aparelho portátil SPAD502-Plus Konica Minolta. As medidas foram realizadas em quatro folhas totalmente expandidas de cada uma das três plantas de cada vaso, obtendo-se um valor médio por vaso.

As trocas gasosas foram analisadas aos 40 DAE foram analisadas as medidas de trocas gasosas que foram efetuadas no período da manhã entre 9h00 e 11h30 com auxílio do medidor portátil de trocas gasosas *Infra-Red Gas Analyzer (IRGA) Li-6400XT*, em folhas intermediárias totalmente expandidas e expostas à luz solar direta. Sendo determinados: *A* – Taxa de assimilação líquida de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹); *E* – Taxa de transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹); *g_s* – Condutância estomática (mol m⁻² s⁻¹).

Aos 40 DAE também foram mensurados o diâmetro de colmo e comprimento parte aérea, expressos em centímetros (cm). Em seguida as plantas foram seccionadas em parte aérea e sistema radicular, sendo as amostras acondicionadas em sacos de papel tipo kraft, e submetidas a secagem a 65 °C em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, até atingirem massa constante. Procedeu-se com pesagem em balança analítica de precisão tipo capela, determinando-se a massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), expressas em gramas (g).

As avaliações biométricas foram realizadas aos 30 dias após o início da imposição dos tratamentos. Determinou-se a altura de plantas (ALT) expressa em centímetros (cm). Em seguida as plantas foram seccionadas em parte aérea e sistema radicular, sendo as amostras acondicionadas em sacos de papel tipo kraft, e submetidas a secagem a 65 °C em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas. Procedeu-se com pesagem em balança analítica de precisão tipo capela, determinando-se a massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), expressas em gramas (g).

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2014), quando apresentaram significância a 5%, as médias foram comparadas pelo teste Tukey 5%, para o fator dose de magnésio foi realizada análise de regressão.

Resultados e Discussão

Para as variáveis analisadas aos 15 DAE apenas para massa seca da parte aérea ocorreu interação entre inoculação de *A. brasilense* com adubação de magnésio. Para os valores médios de tratamentos de inoculação foram observadas diferenças em características biométricas das plantas como comprimento de raiz, volume de raiz, massa seca de raiz. Com os valores médios dos tratamentos com adubação de magnésio foi encontrado mudança no comportamento do volume de raiz e massa seca parte aérea (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de variância para comprimento de raiz (CR), volume de raiz (VR), matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de parte aérea (MSPA), teor relativo de clorofila (Índice SPAD) de plantas de milho aos 15 dias após a emergência, com e sem inoculação de *A. brasilense* associada à fertilização de magnésio.

FV	GL	Quadrados Médios				
		CR (cm)	VR (dm ³)	MSR (g)	MSPA (g)	Índice SPAD
Doses Mg	4	109,95 ^{ns}	0,46 [*]	0,0058 ^{ns}	0,0043 [*]	28,34 ^{ns}
Inoculação	1	3124,76 ^{**}	6,18 ^{**}	0,0091 ^{ns}	0,0033 ⁿ	20,65 ^{ns}
Interação	4	43,58 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,0021 [*]	0,0021 ^s	32,01 ^{ns}
Resíduo	27	72,21	0,15	0,0010	0,0016	25,44
CV (%)	-	17,99	11,72	11,64	19,21	13,44
Média	-	47,23	3,37	0,21	0,21	37,53
Com <i>A. brasilense</i>		56,07 A	3,76 A	-	-	-
Sem <i>A. brasilense</i>		38,39 B	2,98 B	-	-	-

^{ns}Não significativo, * e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente, pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

O teor relativo de clorofila (índice SPAD) não apresentou mudança de comportamento com a inoculação de *A. brasilense* nas condições em que foi realizada a parte do experimento avaliada aos 15 DAE. Resultado semelhante foi encontrado por Quadros *et al.* (2014) avaliando o desempenho agrônômico de híbridos de milho inoculados com *A. brasilense* ao não constatarem diferença no índice SPAD em um dos materiais avaliados.

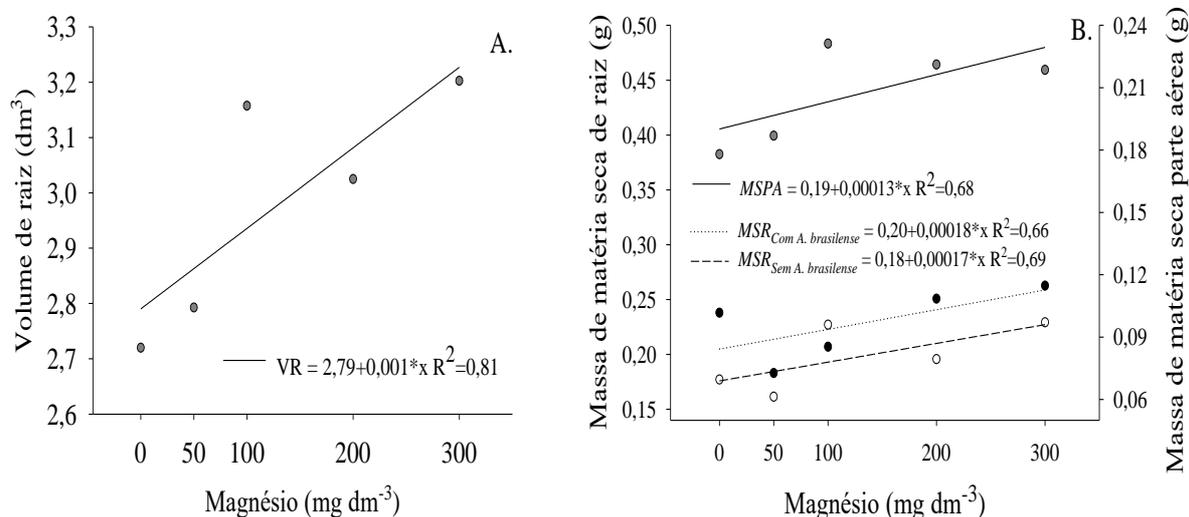
Para o comprimento de raiz a inoculação de *A. brasilense* em plantas de milho causou incremento de 31,53% em relação as plantas sem inoculação. O incremento em comprimento de raiz de plantas inoculadas pode ser resultado da produção e fornecimento de hormônios vegetais pelas bactérias promotoras de crescimento vegetal, como auxinas, giberelinas e citocininas (NETO *et al.*, 2013). Assim, os hormônios vegetais estimulam o crescimento do sistema radicular e proporcionando maior comprimento de raiz observado nesse estudo.

Em relação ao volume de raiz as plantas inoculadas apresentaram incremento de 20,04% em relação as plantas sem inoculação (Tabela 1). Neste sentido, Quadros *et al.* (2014) observaram maior volume de raiz em híbridos de milho inoculados com *A. brasilense*. Para os autores o incremento no volume de raiz resultou do fornecimento pelo *A. brasilense* de auxinas que estimulou o crescimento de raízes secundárias.

Plantas inoculadas e submetidas a doses crescentes de magnésio apresentaram incrementos lineares no volume de raiz e massa seca da parte aérea (Figuras 1A e 1B). Para compreender esse comportamento, observa-se que o magnésio é requerido na ribulose-1,5-bifosfato (RuBP) carboxilase, principal enzima responsável pela fixação de CO₂, além disso, é o maior ativador enzimático nas plantas (TAIZ *et al.*, 2017). Portanto, é razoável afirmar que ocorreu maior produção de compostos orgânicos nas plantas submetidas à fertilização de magnésio proporcionando os resultados deste estudo.

Além disso, as bactérias da espécie *A. brasilense* causam maior desenvolvimento de pelos radiculares e de raízes laterais primárias e secundárias, em plântulas de milho inoculadas, causando maior absorção de nutrientes da solução do solo (CASSÁN e DIAZ-ZORITA, 2016). Assim, o comportamento observado nas figuras 1A e 1B está associado os benefícios oriundos da inoculação de *Azospirillum* e aos possíveis benefícios que o nutriente pode ter proporcionado na atividade enzimática da planta.

Figura 1 – Volume de raiz (A), massa de matéria seca de raiz e parte aérea (B) de plantas de milho, em função da inoculação de *A. brasilense* associada, e submetidas a fertilização de doses de magnésio (0; 50; 100; 200 e 300 mg dm⁻³) no solo.



Para as variáveis analisadas aos 40 DAE apenas para índice SPAD ocorreu interação entre inoculação de *A. brasilense* com fertilização de magnésio (Tabela 2). Para os valores médios de tratamentos com inoculação foram observadas diferenças em características biométricas e destrutivas da planta como comprimento parte aérea e massa seca de raiz. Com os valores médios dos tratamentos com fertilização de magnésio foi encontrado mudança no comportamento da massa seca de raiz. Não foram encontradas variâncias significativas para nenhuma das fontes de variação para diâmetro de colmo e massa seca parte aérea (Tabela 2).

Não foi encontrada diferença estatística para nenhuma das fontes de variação para diâmetro de colmo e massa seca de parte aérea. Morais *et al.* (2015) trabalhando com inoculação de *A. brasilense* em sementes de milho também não verificaram influência da inoculação na massa seca de parte aérea em plantas de milho na fase vegetativa. No entanto, na literatura existem relatos da influência da inoculação de *A. brasilense* diâmetro de colmo de plantas de milho em função das substâncias promotoras de crescimento produzidas pelas bactérias (DARTORA *et al.*, 2013; INAGAKI *et al.*, 2014) ao contrário do resultado produzido no presente trabalho.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância de diâmetro de colmo (DC), comprimento de plantas (CPA), massa de matéria seca de raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e teor relativo de clorofila (Índice SPAD) de plantas de milho aos 40 dias após emergência, com e sem inoculação de *A. brasilense* associada à fertilização de magnésio.

FV	GL	Quadrados Médios				
		DC (g)	CPA (m)	MSR (g)	MSPA (g)	Índice SPAD
Doses Mg	4	0,0407 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,8283 ^{**}	0,7874 ^{ns}	66,26 ^{ns}
Inoculação	1	0,0014 ^{ns}	0,0173 ^{**}	34,4845 ^{**}	0,2941 ^{ns}	142,36 ^{ns}
Interação	4	0,2586 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,2712 ^{ns}	1,1485 ^{ns}	34,16 ^{**}
Resíduo	27	0,1123	0,0007	0,1675	0,9111	11,72
CV (%)	-	2,50	1,97	2,51	4,25	15,51
Média	-	13,41	1,31	16,29	22,48	22,07
Com <i>A. brasilense</i>	-		1,3355A	17,2080A	-	-
Sem <i>A. brasilense</i>	-		1,2940B	15,3510B	-	-

^{ns}Não significativo, * e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente, pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Em relação ao comprimento de parte aérea as plantas de milho inoculadas apresentaram incremento de 3,2% em relação as plantas não inoculadas (Tabela2). O incremento no comprimento de parte aérea de plantas inoculadas pode estar atrelado à exsudação de fitohormônios pelas bactérias que estimulam o crescimento das plantas, por exemplo, citocininas, auxinas e giberelinas (NETO *et al.*, 2013).

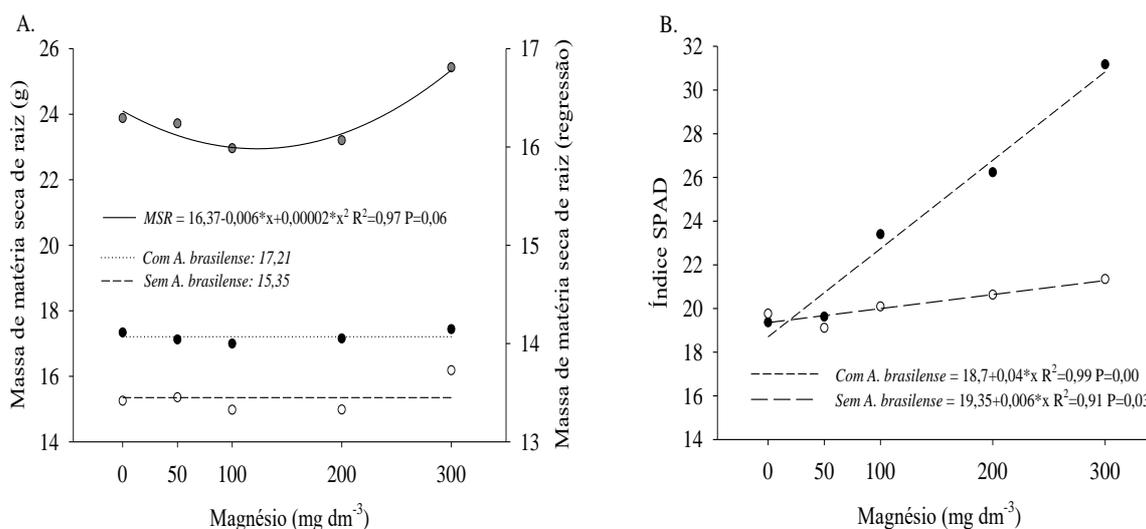
Para plantas inoculadas houve incremento médio de massa de matéria seca de raiz 12,09% em relação as plantas sem inoculação (Figura 2A). Cassán e Diaz-Zorita (2016) avaliando a resposta morfológica de plantas de milho inoculadas com *A. amazonenses* também encontraram maior produção de matéria seca de raiz em plantas inoculadas.

A fertilização de magnésio também proporcionou maior massa seca de raiz em relação às não fertilizadas com magnésio (Figura 2A). O incremento da massa seca de raiz em função da fertilização de magnésio está associada as funções que o nutriente exerce na planta, sendo componente da molécula de clorofila além de ser o maior ativador enzimático presente na planta (TAIZ e ZEIGER, 2013). Portanto, contribui para maior produção de compostos orgânicos nas plantas, assim, a maior produção de matéria seca de raiz pode ser em função da translocação dos compostos orgânicos para as raízes.

Plantas inoculadas e submetidas a fertilização de magnésio apresentaram incrementos lineares no teor relativo de clorofila (Índice SPAD) (Figura 2B). Para compreender essa interação, observa-se que Quadros *et al.* (2014) avaliando o desempenho agrônômico de híbridos de milho submetidos a inoculação de *A. brasilense* atribuíram o maior índice SPAD

em plantas inoculadas pela maior absorção de nitrogênio, decorrente do maior desenvolvimento radicular. O presente trabalho sugere resultado semelhante, no entanto, agora para o nutriente magnésio.

Figura 2 – Massa de matéria seca de raiz (A) e teor relativo de clorofila (B) de plantas de milho aos 40 dias após emergência, com e sem inoculação de *A. brasilense*, e submetidas a fertilização de doses de magnésio (0; 50; 100; 200 e 300 mg dm⁻³) no solo.



O magnésio é essencial para molécula de clorofila, aparecendo no centro das clorofilas *a* e *b*. (TAIZ *et al.*, 2017). Assim, pode-se inferir que as plantas inoculadas e fertilizadas com magnésio apresentaram maior índice SPAD em função da maior absorção de magnésio. Nesse sentido, o estudo de Jezek *et al.* (2015) demonstrou que plantas com deficiência de magnésio apresentam menor índice SPAD em relação às com status adequado. Além disso, constaram que a fertilização via foliar de magnésio em plantas com deficiência proporciona recuperação do índice SPAD.

Para as trocas gasosas de plantas de milho aos 40 DAE houve efeito da inoculação de *A. brasilense* para condutância estomática (g_s), transpiração foliar (E) e taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) (Tabela 3).

As plantas inoculadas com *A. brasilense* apresentaram incremento de 17,54% na taxa de assimilação de CO₂ em relação às não inoculadas. Além disso, plantas inoculadas também proporcionou incremento na condutância estomática e transpiração de 40,52% e 17,72%, respectivamente, em relação às plantas não inoculadas.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância de condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), transpiração foliar (E), de plantas de milho aos 40 dias após semeadura, com e sem inoculação de *A. brasilense*, e submetidas a fertilização de doses de magnésio no solo.

FV	GL	g_s	A	E
Doses Mg	4	0,01 ^{ns}	42,38 ^{ns}	1,84 ^{ns}
Inoculação	1	0,03 [*]	103,59 [*]	6,72 [*]
Interação	4	0,00 ^{ns}	19,94 ^{ns}	0,82 ^{ns}
Resíduo	18	0,01	20,63	1,22
CV (%)	-	39,32	18,41	19,01
Média	-	0,20	24,66	5,82
<i>Com A. brasilense</i>		0,2355	26,5231	6,2888
<i>Sem A. brasilense</i>		0,1676	22,8067	5,3422

^{ns}Não significativo, ^{*}e^{**}Significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, pelo teste F.

Para plantas inoculadas com *A. brasilense*, as modificações nas trocas gasosas estão associadas ao fornecimento de hormônios vegetais. O fornecimento de hormônios vegetais pode estimular maior crescimento do sistema radicular (MASCIARELLI *et al.*, 2013), permitindo maior absorção de água e nutrientes (HUNGRIA *et al.*, 2011). A maior absorção de água permite a manutenção da maior condutância estomática (abertura estomática) e consequentemente ocorre maior da taxa de transpiração e incremento na taxa de assimilação de CO_2 (CATUCHI *et al.*, 2012) em função da manutenção da difusão de moléculas de H_2O para fora da folha e manutenção da difusão CO_2 para dentro da folha.

Assim, a maior taxa fotossintética das plantas inoculadas em relação às não inoculadas contribui para o maior acúmulo de massa seca (INAGAKI *et al.*, 2015). Estas afirmações são confirmadas com o aumento da taxa de fixação de CO_2 associado ao maior acúmulo de massa seca de raiz e o maior comprimento de parte aérea encontrada no presente estudo para plantas de milho inoculadas com *A. brasilense*.

Conclusões

A inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* incrementa o crescimento e desenvolvimento inicial de parte aérea e radicular das plantas.

A fertilização de magnésio incrementa o crescimento de raiz e incrementa o acúmulo de massa seca de parte aérea e raiz até a dose de magnésio de 300 mg dm^{-3} de solo no início do desenvolvimento das plantas.

A inoculação de *A. brasilense* associada a doses de magnésio incrementaram o acúmulo de massa seca de raiz no início do desenvolvimento das plantas de milho.

A inoculação de sementes de milho com *A. brasilense* causa incremento da taxa de assimilação de CO₂, taxa de transpiração e condutância estomática aos 40 DAE.

Referências

BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. In: Academia Brasileira de Ciências, 77, Rio de Janeiro, 2005. **Anais**. Rio de Janeiro: AABC, 2005. p.549-579.

CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology & Biochemistry**, v.113, p. 117-130, 2016.

CATUCHI, T. A.; VIEIRA, F.; GUIDORIZZI, C.; GUIDORIZZI, K. A. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 519–527, 2012.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.284-297, 2013.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109–112, 2014.

INAGAKI, A.M.; GUIMARÃES, V.F.; RODRIGUES, L.F.O.S.; SILVA, M.B.; DIAMANTE, M.S.; RAMPIM, L.; MIORANZA, T.M.; DUARTE, J.B. Phosphorus fertilization associated to inoculation of maize with diazotrophic bacteria. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, p.3480-3487, 2014.

INAGAKI, A.M. GUIMARÃES, V.F.; RODRIGUES, L.F.O.S.; LANA, M.C.; KLEIN, J.; RODRIGUES, A. C.P.C.; RODRIGUES, L.F.O.S.; RAMPIM, L. Maize initial growth with the inoculation of plant growth-promoting bacteria (PGPB) under different soil acidity levels. **Australian Journal Crop Science**, v.9, p.271-280, 2015.

JEZEK, M.; GEILFUS, C.M.; BAYER, A.; MUHLING, K.H. Photosynthetic capacity, nutrient status, and growth of maize (*Zea mays* L.) upon MgSO₄ leaf-application. **Frontiers in Plant Science**, v.5, p.781, 2014.

MASCIARELLI, O.; URBANI L.; REINOSO, H.; LUNA, V. Mecanismo alternativo para a avaliação da produção de ácido indol-3-acético (IAA) por cepas de *Azospirillum brasilense* e seus efeitos na germinação e crescimento de mudas de milho. **Journal of Microbiology**, v. 51, n. 5, p. 590-597, 2013.

MORAIS, P.; BRITO, C.H.; FERREIRA, A.S.; LUZ, J.M.Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, v.62, p.589-596, 2015.

MORAES, T.; BRITO, C.; BRANDÃO, A.; RESENDE, W.; Inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* the seed furrow. **Revista Ciência Agrônoma**, v.47, p.290-298, 2016.

NETO, F. J. D. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1030–1040, 2013.

NOVAES, R. F. DE; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. DE. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Eds.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília DF: Embrapa-SE, 1991. p. 189–253.

QUADROS, P.D.; ROESCH, L.F.W.; SILVA, P.R.F.; ROEHRS, D.D.; CAMARGO, F.A.O. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, v.61, p.209-218, 2014.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, I.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, L.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 4.ed. 2018. p.356.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.