

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 14 (8)

August 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/14820211391>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1391>



# Inoculação de milho com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* sob doses de nitrogênio em solo arenoso

## Inoculation of maize with inoculant based on *Azospirillum brasilense* under nitrogen doses in sandy soil

**Jefersson Pereira Duarte**

Centro Universitário do Vale do Araguaia

**Oihan Jonas Ruff**

Centro Universitário do Vale do Araguaia

*Corresponding author*

**Carlos Leandro Rodrigues dos Santos**

Centro Universitário do Vale do Araguaia

[calersantos@gmail.com](mailto:calersantos@gmail.com)

**Resumo.** Bactérias diazotróficas podem beneficiar o milho, mas a efetividade da associação destes microrganismos com a planta pode depender de condições químicas, físicas e biológicas do solo, do ambiente, ou mesmo do genótipo. Considerando que o Brasil apresenta uma área expressiva de solo muito arenoso usada para a cultura, o objetivo do trabalho consistiu em avaliar em solo arenoso (90,3% de areia) o desenvolvimento do milho sob o efeito da aplicação de inoculante à base *Azospirillum brasilense* nas sementes combinando com a adição de diferentes doses de nitrogênio por ocasião da semeadura. O experimento foi desenvolvido por 40 dias em vasos dispostos à campo no delineamento de blocos casualizados, esquema fatorial 5x2, com 4 repetições. O solo-substrato usado para compor os vasos de 14 dm<sup>3</sup> foi proveniente de um Neossolo Quartzarênico. Aplicou-se doses de N equivalentes a 0, 50, 100, 150, 200 kg ha<sup>-1</sup>. Verificou-se que a inoculação com *Azospirillum brasilense* não afeta o desenvolvimento do milho cultivado em solo muito arenoso e que o aumento das doses de N propicia aumento linear nos aspectos biométricos, produtivos e no índice de clorofila.

**Palavras-chaves:** *Zea mays*, Aduação nitrogenada, Bactérias diazotróficas, FBN

**Abstract.** Diazotrophic bacteria can benefit maize, but the effectiveness of the association of these microorganisms with the plant may depend on chemical, physical and biological conditions of the soil, the environment, or even the genotype. Considering that Brazil has an expressive area of very sandy soil used for cultivation, the objective of the work was to evaluate the development of maize under sandy soil (90.3% sand) under the effect of the application of inoculant based on *Azospirillum brasilense* in the seeds combining with the addition of different doses of nitrogen at the time of sowing. The experiment was carried out for 40 days in pots arranged in the field in a randomized block design, 5x2 factorial scheme, with 4 replications. The soil-substrate used to compose the 14 dm<sup>3</sup> pots came from a Entisol Quartzpsamment (Soil Taxonomy, USA). N doses equivalent to 0, 50, 100, 150, 200 kg ha<sup>-1</sup> were applied. It was found that inoculation with *Azospirillum brasilense* does not affect the development of maize grown in very sandy soil and that the increase in N doses provides a linear increase in biometric, productive aspects and chlorophyll index.

**Keywords:** *Zea mays*, BNF, Diazotrophic bacteria, Nitrogen fertilization

### Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta cultivada em vários países com finalidades diversas, mas devido às suas elevadas qualidades

nutricionais é utilizado principalmente na alimentação humana e animal (BARROS; CAIADO, 2014). No Brasil a cultura é extremamente importante para o agronegócio, estima-se que a

produção total do milho na safra 2020/2021 será de um pouco mais de 105 milhões de toneladas, quase 3% acima da safra passada (CONAB, 2021).

Com base nas informações de Embrapa (2018) em 2027 é esperado que a produção atinja 118.772 mil toneladas de milho. Com esse volume todo, vários insumos pouco tradicionais na cultura como os biológicos podem ser úteis para aumentar a produtividade, diminuir custos, além de promoverem a minimização de impactos negativos ao meio ambiente.

A utilização de fertilizantes sintéticos é a forma mais comum no suprimento de nitrogênio (N) para plantas não-leguminosas, como o milho que respondem a sua aplicação ao solo (ARAÚJO; FERREIRA; CRUZ, 2004; GOMES et al., 2007), mas a necessidade que essas plantas possuem de N, pode ser suprida, pelo menos em parte, pela aplicação nas sementes ou via sulco de inoculantes líquidos ou turfosos que possuem bactérias diazotróficas (HUNGRIA, 2011), em certos casos, sendo possível a redução das doses aplicadas em cobertura, como no caso do estudo de Mumbach et al. (2017), que indicou que a doses de N em cobertura pode ser reduzida pela metade quando o cultivo é associado à inoculação, sem afetar o crescimento e rendimento milho.

Estas bactérias podem atuar nas gramíneas promovendo a fixação de nitrogênio, efeito promotor do crescimento vegetal devido à produção de fitohormônios, aumento no teor de clorofila e da atividade de enzimas do metabolismo do N, mas a efetividade da associação destes microrganismos com a planta pode depender de condições químicas, físicas e biológicas do solo, do ambiente ou mesmo do genótipo cultivado (HUNGRIA, 2011; GLICK, 2012; OKUMURA et al., 2013; CADORE, 2016).

Vários estudos realizados com a inoculação de sementes de milho com bactérias do gênero *Azospirillum* vêm mostrando resultados significativos em vários parâmetros ligados ao crescimento inicial, final, acúmulo de biomassa e rendimento de grãos (NOVAKOZISKI et al., 2011; CUNHA et al., 2014; MUMBACH et al., 2017; MORENO; KUSDRA; PICAZEVICZ, 2019; CARMO et al., 2020; PINHEIRO et al., 2020).

No estudo de Cunha et al. (2014) a dose ideal de N em cobertura para o milho com inoculação foi de até 89% da dose recomendada sem perda significativa na produtividade ou do efeito do *Azospirillum brasilense*.

Em resultados encontrados por Rocha, Coltro e Lizsoni (2020) a inoculação com *Azospirillum brasilense* não influenciou as variáveis altura de plantas, altura de inserção da espiga e peso de mil grãos, contudo aumentos da produtividade evidenciaram efeitos benéficos da associação da adubação com a inoculação na cultura.

Cadore et al. (2016) comentam que a variabilidade dos resultados em trabalhos de inoculação com *Azospirillum* é bastante frequente

devido possivelmente à inconsistência da colonização radicular, problemas de sobrevivência do inóculo ou por condições ambientais desfavoráveis à bactéria. Assim, é possível que a textura do solo possa determinar a efetividade da infecção das plântulas por bactérias, ou mesmo da disponibilidade de N aplicado via fertilizante para a cultura.

Considerando que o Brasil apresenta uma área expressiva de Neossolos Quartzarênicos (a classe mais marcante de solos arenosos) (IBGE, 2015), e que grande parte destes solos pode ser apta, e é usada para a produção de milho, o objetivo do trabalho consistiu em avaliar em solo arenoso (90,3% de areia) o desenvolvimento do milho sob o efeito da aplicação de inoculante à base *Azospirillum brasilense* nas sementes combinando com a adição de diferentes doses de nitrogênio por ocasião da semeadura.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de 14/09/20 a 24/10/20 (por 40 dias) em vasos de 14 dm<sup>3</sup> dispostos à campo no Centro Universitário do Vale do Araguaia, em Barra do Garças, Mato Grosso, com a localização geográfica situada na latitude sul 15° 53' 18" e longitude oeste 52° 16' 44", com altitude média de 318 m, onde a temperatura no período experimental variou entre 20,16°C e 38,16°C, a umidade média foi de 45,93% e a precipitação acumulada foi de 61 mm (INMET, 2021).

Estudou-se a aplicação de doses de nitrogênio e presença ou ausência de inoculação com bactérias diazotróficas no híbrido de milho AG 1051 da Agrocere, no delineamento de blocos casualizados, com arranjo fatorial 5 × 2 com 4 repetições.

O solo-substrato usado para compor os vasos foi proveniente de um Neossolo Quartzarênico, situado na latitude S 15° 54' 04" e longitude W 52° 18' 31". De acordo com as análises químicas, apresentou os seguintes valores: areia = 90,3%, silte = 8,4% e argila = 1,2%, pH em CaCl<sub>2</sub> = 5,4; P = 2,2 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,02 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,79 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,06 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Al = 0,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 0,91 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; M.O. = 7,37 g dm<sup>-3</sup>; CTC = 1,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 49,03%; Zn = 0,68 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 0,17 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 31,84 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 5,70 mg dm<sup>-3</sup>; B = 0,03 mg dm<sup>-3</sup>; S = 3,91 mg dm<sup>-3</sup>.

Com base nos valores destes resultados e nas recomendações de Sousa e Lobato (2004), como primeiro passo, fez-se a correção do solo com uso de calcário, onde foram incorporados o equivalente a 244 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com PRNT de 80%, PN de 104% (1,74 g por vaso); os nutrientes foram adicionados momentos antes do plantio, onde misturou-se ao solo o fósforo em dose equivalente a 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (3,15 g por vaso) fonte superfosfato simples, que continha 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 16% de Ca e 8% de S; potássio equivalente a 50 kg ha<sup>-1</sup> (0,18 g por vaso), fonte Cloreto de Potássio, (60% de K<sub>2</sub>O) e micronutrientes: aplicação

de 100 mL por vaso de solução de 0,0017 g de Sulfato de Cobre (25% de Cu), 0,002 g de Ácido Bórico (17% de B), 0,006 g de Sulfato de Zinco (20% de Zn), 0,004 g de sulfato de manganês (30% Mn) e enxofre equivalente a 23,6 kg ha<sup>-1</sup> (0,13 g por vaso).

A inoculação das sementes, realizada instantes antes do plantio com produto comercial a base de *Azospirillum brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6, foi realizada na dose equivalente de 100 ml por hectare (considerando 18 kg de sementes), aplicada de forma homogênea nas sementes. Para seguir a recomendação do fabricante, pesou-se 500 g de sementes e misturou-se a elas 2,77 mL de inoculante.

As doses de N (equivalentes a 0, 50, 100, 150, 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) foram aplicadas de uma só vez após a semeadura. Para isso, adicionou-se por rega sobre o substrato 100 mL de solução preparada com ureia (46% de N), e sequencialmente, incorporou-a por leve escarificação da superfície.

Cada vaso recebeu 8 sementes, inseridas no solo entre 4 a 5 cm de profundidade. Aos sete dias após emergência realizou-se o desbaste deixando duas plantas por vaso. Ao decorrer do período experimental foram realizadas capinas manual, controle de pragas e irrigação.

Aos 40 dias após a semeadura avaliou-se a extensão da maior folha expandida (Altura 1), altura de inserção da última folha com lígula visível (Altura 2), diâmetro de colmo, número de folhas, índice de clorofila, com o clorofilômetro Opti-Sciences, modelo CCM-200 Plus, na porção intermediária da última folha com lígula visível, matéria fresca de parte aérea, matéria fresca de raiz, matéria seca de folhas, matéria seca de colmo, matéria seca de raiz, matéria seca de parte aérea total.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e na sequência realizou-se estudo de regressão polinomial nos resultados significativos a 5% de probabilidade com o auxílio do programa SISVAR.

## Resultados e discussão

A inoculação das sementes de milho com inoculante comercial contendo *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) não afetou as variáveis biométricas, produtivas e o índice de clorofila aos 40 dias após a semeadura. Também não foi observada interação significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as doses do inoculante e a presença ou ausência de inoculação (Tabela 1).

Rocha, Coltro e Lizzoni (2020) também notaram que a inoculação com *Azospirillum brasilense* não influenciou variáveis biométricas de plantas de milho cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, o que também foi observado por Cunha et al. (2014) aos 124 dias após o plantio em um Latossolo Vermelho. No estudo de Cadore et al. (2016), a inoculação com *Azospirillum brasilense* por si só não gerou incrementos nas variáveis analisadas em dez genótipos de milho cultivado

sobre Latossolo Vermelho. Já Pinheiro et al. (2020), usando como substrato amostras de um solo franco arenoso de camada húmica notaram interação entre aplicação de *Azospirillum* e a adubação nitrogenada, maiores alturas de plantas aos 90 dias após semeadura foram observadas com o uso das doses de 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N e maior diâmetro de colmo foi observado também aos 90 dias após a semeadura na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N ao inocular. Os autores relatam que aplicaram nas sementes oito vezes a dose comercial do produto, no atual estudo utilizou-se uma dose comercial somente.

Estes efeitos, considerados pelos referidos autores benéficos, provavelmente foram advindos da associação da planta com as bactérias diazotróficas inoculadas, uma vez que as condições contribuem para a maior sobrevivência do inóculo. Esses microrganismos podem beneficiar as plantas ao fixar nitrogênio ou promover o crescimento dos diferentes órgãos da planta ao produzir fitormônios (OKUMURA et al., 2013; CADORE et al., 2016).

A não observação de efeito do inoculante no atual estudo pode estar associada ao período curto de experimentação (40 dias), tempo este que pode não ter sido o suficiente para a observação dos efeitos, ou mesmo prejuízos na colonização devido a condições desfavoráveis que promovem a diminuição da sobrevivência do inóculo, pois grande parte da população de *Azospirillum* colonizam a superfície das raízes e rizosfera (HUNGRIA, 2011), ficando expostas a agentes externos como a temperatura excessiva que pode ocorrer subitamente em solo arenoso, sem presença de matéria orgânica. A média da temperatura máxima no período experimental no município foi de 38,6 °C.

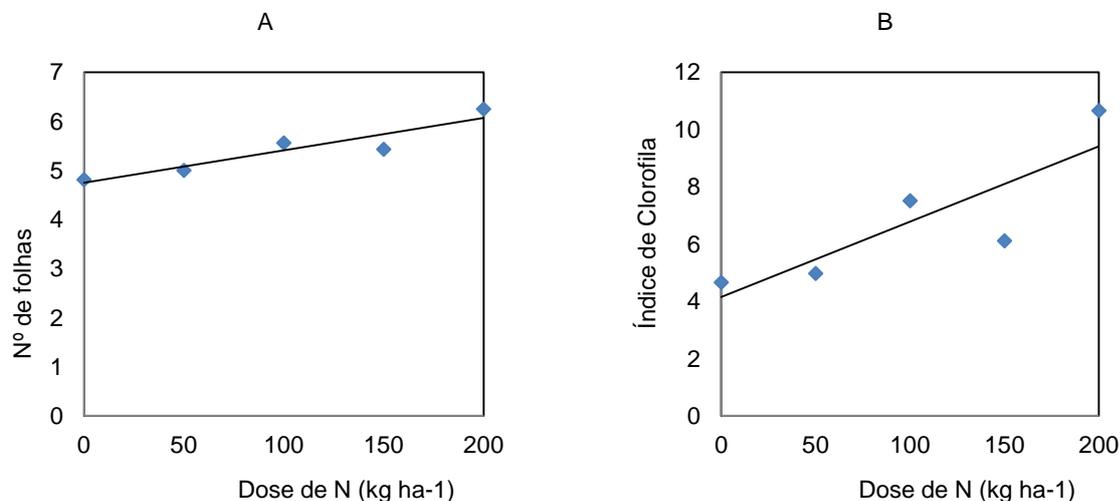
A aplicação de doses de nitrogênio, independente da aplicação de inoculante nas sementes de milho, promoveu incrementos significativos lineares para a extensão da maior folha expandida (Figura 1A) e altura de inserção da última folha com lígula visível (Figura 1B). Nesta primeira variável, as médias calculadas com a equação linear ( $F_c = 29,40$ ;  $p \leq 0,05$ ) obtida para a extensão da maior folha da planta foi de 30,61 cm sem aplicação de N, 39 cm com o uso da dose intermediária (100 kg ha<sup>-1</sup>) e 47,39 cm com a aplicação da dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>. No caso do acréscimo linear ( $F_c = 40,67$ ;  $p \leq 0,05$ ) da altura de inserção da última folha com lígula visível os valores calculados foram de 5,52 cm, 8,72 e 11,92 cm, para as doses 0 (zero), 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A altura inicial da planta quando aumentada, aliada ao maior comprimento de folhas pode proporcionar maior quantidade de pontos de inserção de folhas, o que foi notado no atual estudo também ao avaliar o número de folhas (Figura 2B), aumentar a área foliar, de modo que intercepte mais radiação fotossintética ativa, o que pode influenciar no potencial fotossintético do vegetal, beneficiando-o em vários parâmetros fisiológicos (COSTA; DESCHAMPS; MORAES, 2012).

**Tabela 1.** Análise de variância resumida das variáveis: altura, diâmetro de colmo, número de folhas e índice de clorofila obtidos aos 40 dias após semeadura de plantas de milho submetidas a inoculação com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de N

ANAVA	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	DC (cm)	Nº Folhas	Índice de Clorofila
Inoculação	0,002 <sup>NS</sup>	0,005 <sup>NS</sup>	0,054 <sup>NS</sup>	0,016 <sup>NS</sup>	0,170 <sup>NS</sup>
Dose (Fc)	7,862*	11,130*	10,922*	6,566*	4,292*
Inoc. x Doses (Fc)	0,472 <sup>NS</sup>	0,045 <sup>NS</sup>	0,277 <sup>NS</sup>	0,466 <sup>NS</sup>	0,771 <sup>NS</sup>
Média Geral	39,00	25,72	0,70	5,41	6,78
C.V. (%)	17,75	25,72	22,38	11,42	49,06

Altura 1 = Extensão da maior folha expandida; Altura 2 = altura de inserção da última folha com lígula visível; ns = não significativo; \* significativo a 5%; Fc = F calculado



**Figura 1.** Extensão da maior folha expandida (Altura 1) e altura de inserção da última folha com lígula visível de plantas de milho sob doses de N independente da inoculação com *Azospirillum brasilense*

O número de folhas das plantas de milho apresentou crescimento linear ( $F_c = 22,97$ ;  $p \leq 0,05$ ) com o aumento das doses de N (Figura 2A), a média foi de aproximadamente 5 folhas quando não se aplicou N, e de 6 folhas com o uso da maior dose ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

O crescimento da planta por um todo depende de nutrientes, sendo o nitrogênio essencial para muitas funções fisiológicas no metabolismo secundário, como síntese de hormônios responsáveis pela multiplicação e diferenciação celular (TAIZ; ZEIGER, 2013), determinando assim o número de folhas, o diâmetro do caule, dentre outros parâmetros biométricos da planta.

A variável diâmetro de colmo também foi influenciada pelas doses de N, verificando-se efeito significativo no modelo quadrático de regressão ( $F_c = 4,22$ ;  $p \leq 0,05$ ) (Figura 2B), com ponto de máxima ( $0,86 \text{ cm}$ ) atingido com a dose de  $191,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Esses resultados corroboram com os obtidos por Cadore et al. (2016), que notaram incremento no diâmetro do colmo de plantas de milho nas maiores doses de N. Segundo os autores, avaliar o diâmetro

do colmo é importante pois além de suportar as folhas e partes florais, é considerado órgão de reserva da planta de milho. Também, Pinheiro et al. (2020) observaram que, independente da utilização de inoculante, o diâmetro de colmo aos 60 dias após a emergência aumentou até a dose de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e a partir dessa dose houve efeito decrescente na espessura do colmo, como observado no atual estudo.

Houve efeito significativo para o índice de clorofila nas folhas das plantas de milho, apresentando aumento linear ( $F_c = 12,44$ ;  $p \leq 0,05$ ) conforme o aumento das doses de N (Figura 3). Notou-se que a média calculada com a equação obtida foi de  $4,15$  sem aplicação de N,  $6,78$  na dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $9,41$  com a aplicação da maior dose do estudo.

No estudo de Cadore et al. (2016) o incremento das doses de nitrogênio também aumentou o teor de clorofila total no milho. Os autores observaram aumentos significativos no índice de clorofila em relação ao tratamento sem cobertura com N, sendo que a dose de  $70 \text{ kg ha}^{-1}$

de nitrogênio em cobertura superior à dose de 35 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura.

O índice de clorofila medido por clorofilômetro no milho apresenta boa correlação com o teor real de clorofila da planta e, por ter em grande parte de sua molécula o nitrogênio, geralmente está associada com a nutrição

nitrogenada das plantas (SEGATTO et al., 2017), assim é possível seu uso para estimar indiretamente a concentração de N (MUÑOZ-HUERTA et al., 2013).

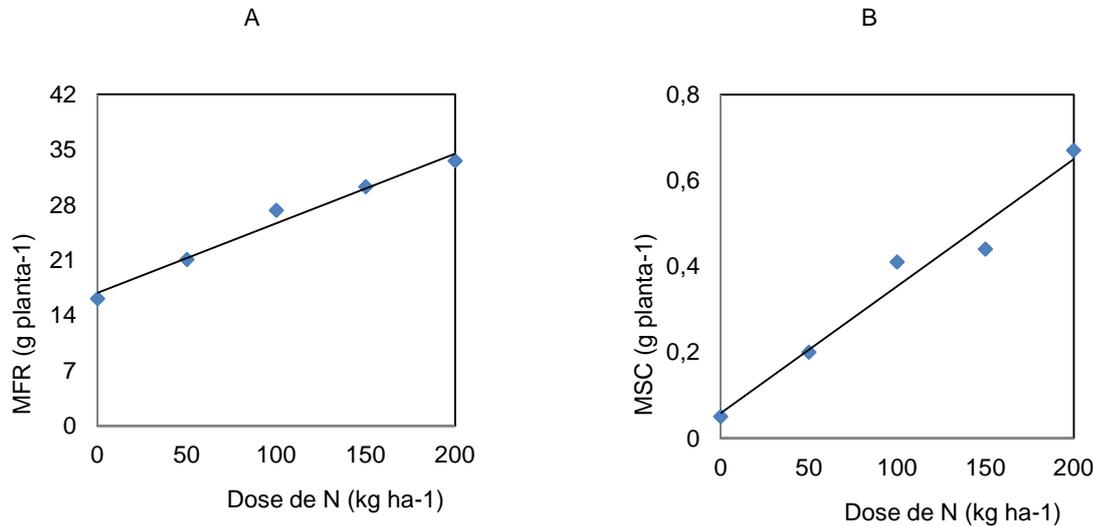


Figura 2. Número de folhas e diâmetro de colmo de plantas de milho sob doses de N independente da inoculação com *Azospirillum brasilense*

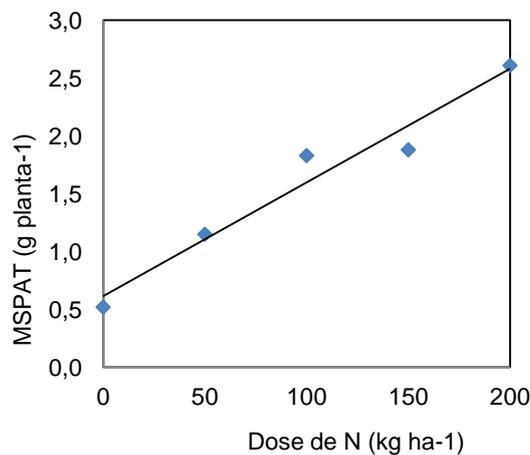


Figura 3. Índice de clorofila de plantas de milho sob doses de N independente da inoculação com *Azospirillum brasilense*

O resultado da análise de variância apresentado na Tabela 2 revelou que para as variáveis: matéria fresca de parte aérea, matéria fresca de raiz, matéria seca de folhas, matéria seca de colmo, matéria seca de raiz e matéria seca de parte aérea total, não houve efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* ( $p>0,05$ ), bem como não houve interação entre a inoculação e a aplicação das doses de nitrogênio ( $p>0,05$ ), e nem

da interação entre os dois fatores estudados, mas houve efeito significativo para as doses de N para todas as variáveis.

Em um estudo realizado em casa de vegetação até o estágio V4 do milho com solo não especificado, Moreno, Kusdra e Picazevicz (2019) também não observaram aumentos na massa total da planta seca, mas verificaram aumentos significativos do nitrogênio acumulado na parte

aérea. No estudo de Pinheiro et al. (2020) embora características biométricas tenham sido influenciadas, não foi notado acúmulo de biomassa devido à inoculação. Rocha, Coltro e Lizzoni (2020) observaram resultados cantrários, a produtividade foi influenciada pela inoculação com *Azospirillum* e as variáveis biométricas não.

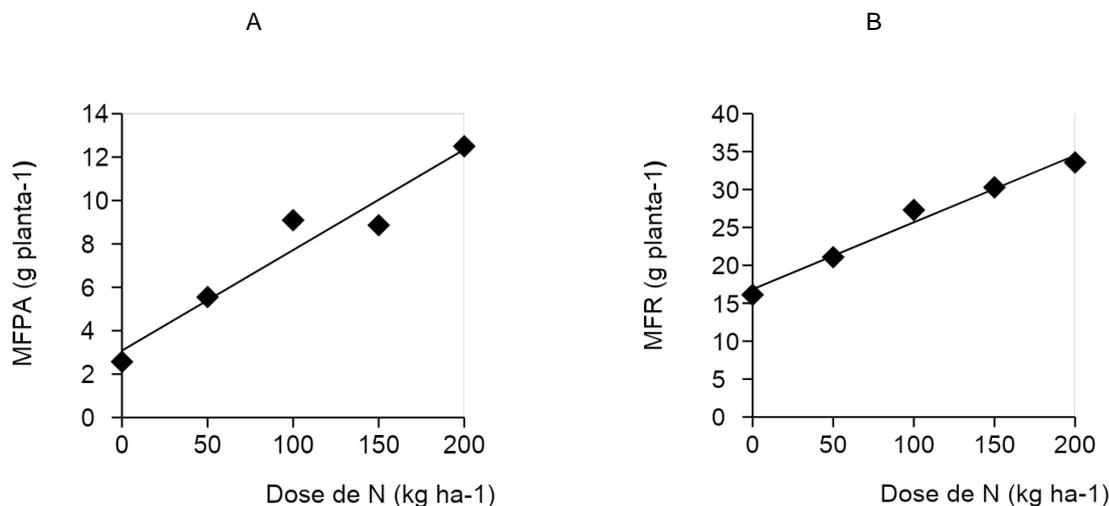
Já Mumbach et al. (2017), observaram que associação da inoculação com adubação com N mineral aumentou a produtividade e a produção de matéria seca em milho cultivado em Latossolo Vermelho muito argiloso. Os autores indicaram a possibilidade da redução da adubação com o

nutriente em cobertura pela metade, sem afetar as respostas do milho nestas variáveis, o que também foi sugerido no estudo de Carmo et al. (2020). Em outro estudo, Cunha et al. (2014) relataram que o milho inoculado com *Azospirillum brasilense* produziu 5,5 sacas a mais do que o milho sem inoculação, mas não apresentou diferença significativa quando foi avaliado parâmetros biométricos. Portanto, é possível que no atual estudo a não observação de efeito nas variáveis produtivas do milho inoculado se deva ao curto período experimental.

**Tabela 2.** Análise de variância resumida de parâmetros produtivos, avaliados aos 40 dias após semeadura, em plantas de milho submetidas a inoculação com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de N

ANAVA	MFPA	MFR	MSF	MSC	MSR	MSPAT
	----- g planta <sup>-1</sup> -----					
Inoculação (FC)	0,001 <sup>NS</sup>	0,530 <sup>NS</sup>	0,001 <sup>NS</sup>	0,001 <sup>NS</sup>	0,058 <sup>NS</sup>	0,001 <sup>NS</sup>
Dose (Fc)	8,100*	2,972*	7,549*	7,067*	5,300*	7,611*
Inoc. x Doses (Fc)	0,424 <sup>NS</sup>	0,903 <sup>NS</sup>	0,647 <sup>NS</sup>	0,401 <sup>NS</sup>	0,955 <sup>NS</sup>	0,560 <sup>NS</sup>
Média Geral	7,72	25,67	1,25	0,35	2,45	1,60
C.V. (%)	48,71	45,06	46,07	70,74	40,5	50,78

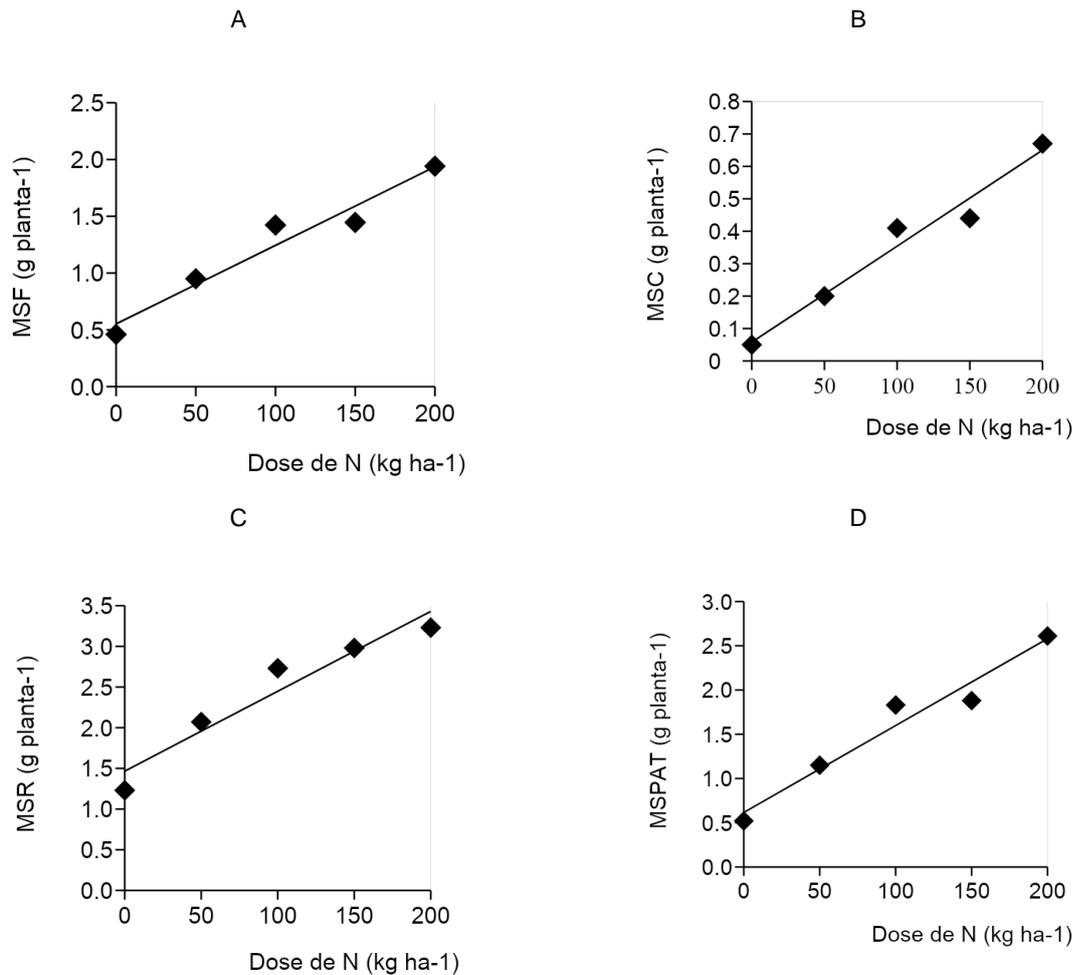
<sup>NS</sup> = não significativo; \* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; MFPA = matéria fresca de parte aérea, MFR = matéria fresca de raiz, MSF = matéria seca de folhas, MSC = matéria seca de colmo, MSR = matéria seca de raiz, MSPAT = matéria seca de parte aérea total, Fc = F calculado



**Figura 4.** Matéria fresca de parte aérea (A) e de raiz (B) de plantas de milho sob doses de N independente da inoculação com *Azospirillum brasilense*

As variáveis massa fresca de parte aérea e massa seca de raiz apresentaram efeito significativo de acordo com as doses de N, apresentando comportamento linear no incremento ( $F_{C(MFPA)} = 30,38$  e  $F_{C(MFR)} = 11,64$ ;  $p \leq 0,05$ ) (Figura 4), partindo respectivamente de 3,08 e 16,84 gramas por planta sem aplicação de N e atingindo 12,34 e 34,48 g planta<sup>-1</sup> com aplicação da dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Isso pode ter ocorrido em decorrência do nutriente influenciar a fisiologia da planta e promover o aumento da biomassa e tamanho da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Cunha et al. (2014), a produção de biomassa do milho pode estar ligada à interceptação da radiação disponível, contudo, se faz necessária uma adequada estrutura da planta para alcance de maior nível de crescimento.



**Figura 5.** Biomassa seca de plantas de milho sob doses de N independente da inoculação com *Azospirillum brasilense*. A (MSF) = Matéria seca de folhas, B (MSC) = Matéria seca de colmo, C (MSR) = Matéria seca de raiz, D (MSPAT) = Matéria seca de parte aérea total.

As variáveis massa seca de folhas, massa seca de colmo, massa seca de raiz e massa seca de parte aérea total apresentaram efeitos significativos, todas com incrementos de acordo com o modelo de regressão linear ( $FC_{(MSF)} = 28,66$ ;  $FC_{(MSC)} = 27,36$ ;  $FC_{(MSR)} = 19,67$ ;  $FC_{(MSPAT)} = 29,16$ ;  $p \leq 0,05$ ) conforme houve o aumento das doses de N (Figura 5).

Observou-se na MSF e na MSC que ao aplicar  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, os valores foram de  $1,93$  e  $0,66 \text{ g planta}^{-1}$ , respectivamente, valores estes  $35,71$  e  $45,49\%$  superiores aos incrementos observados com o uso da dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ . (Figuras 5A e 5B).

Quanto a MSR, o incremento na maior dose testado foi  $25,58\%$  superior à dose intermediária ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Figura 5C) e na variável MSPAT o incremento na maior dose correspondeu a  $30,04\%$  em relação também a dose intermediária (Figura 5D).

Moreno, Kusdra e Picazevicz (2019) observaram que a adubação nitrogenada do solo também resultou em aumento das massas do

colmo, da parte aérea e total da planta, com incrementos de  $11,1$ ;  $13,3$  e  $11,3\%$ , respectivamente. De acordo com os autores, a obtenção desta resposta mostra a importância do nitrogênio para a cultura confirmando que é essencial a disponibilização de N logo nos primeiros estádios de desenvolvimento das plantas.

Pinheiro et al. (2020) observaram ponto de máximo acúmulo de massa seca de parte aérea e de sistema radicular entre as doses  $100$  e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. No referido estudo os autores observaram que na dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  que houveram decréscimos próximos de  $20\%$  parte massa de raiz e  $25\%$  para parte aérea.

O N é um nutriente que muitas proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, coenzimas, fitohormônios e metabólitos secundários em plantas (Hawkesford et al., 2012), assim, para o acúmulo de biomassa é fundamental a sua presença no solo em níveis não limitantes ou excessivo.

No atual estudo, pela condição de solo arenoso ( $90,3\%$  de areia), presença de pouca matéria orgânica ( $0,74\%$ ), vasos á campo ( $61 \text{ mm}$

de chuva acumulada no período experimental) e ainda, por não haver parcelado as doses de N aplicadas via solução de ureia, infere-se que houve perdas de parte do nitrogênio aplicado por volatilização e/ou lixiviação, mas estas perdas foram iguais para todas as parcelas, possibilitando

### Conclusões

A inoculação com inoculante contendo *Azospirillum brasilense* das sementes de milho para cultivado em solo muito arenoso não afetou as plantas de milho aos 40 dias da semeadura. Ainda, o aumento das doses de N aplicado no momento da semeadura propiciou o aumento linear nos aspectos biométricos, produtivos e no índice de clorofila.

### Referências

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000800007>

BARROS, J.F.C.; CALADO, J.G. A cultura do milho. Évora, 2014. 52 f. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpe/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf> Acesso em: 08 mar. 2021.

CADORE R.; COSTA NETTO, A.P., REIS, E.F.; RAGAGNIN, V.A.; FREITAS, D.S.; LIMA, T.P.; ROSSATO, M.; D'ABADIA, A.C.A. Híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.3, p. 399-410, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n3p398-409>.

CARMO, K.B.; BERBER, G.C.M.; BOURSCHIEDT, M.L.B.; GARCIA, M.N.; SILVA, A.F.; FERREIRA, A. Desempenho agrônomo do milho safrinha em resposta a doses de nitrogênio combinadas com inoculante biológico em Mato Grosso. Scientific Electronic Archives. v. 13, n. 7, p. 95-101, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13720201163>.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira de grãos: Sétimo levantamento, abril 2021 – safra 2020/2021. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 05 abr. 2021.

COSTA, N.L., DESCHAMPS, C.; MORAES, A. Estrutura da pastagem, fotossíntese e produtividade de gramíneas forrageiras. PUBVET, v. 6, n. 21, p. 1387-1392, 2012.

CUNHA, F.N.; SILVA, N.F.; BASTOS, F.J.C.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; ROCHA, A.C.; SOUCHIE, E.L. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p261-272>.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.

GLICK, B.R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Scientifica. p. 1-15, 2012.

a comparação entre os tratamentos. Assim, é possível que o comportamento linear tenha ocorrido porque as doses testadas na realidade ficaram abaixo da recomendação.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>. Acesso em: 03 maio. 2021.

GOMES. R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS. R.X.; PIRES. F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sobre plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500010>.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documento 325)

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I.S.; WHITE, P. Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2012. cap. 6. p. 135-189.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de pedologia. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015, 425 p.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Estações convencionais. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/>. Acesso em: 02 fev. 2021.

MORENO, A.L.; KUSDRA, J.F.; PICAZEVICZ, A.A.C. Crescimento do milho em resposta a *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 5, p. 287-294, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0025>.

MUMBACH, G.L.; KOTOWSKI, I.E.; SCHNEIDER, F.J.A.; MALLMANN, M.S.; BONFADA, E.B.; PORTELA, V.O.; BONFADA, E.B.; KAISER, D.R. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. Revista Scientia Agraria, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i2.51475>.

MUÑOZ-HUERTA, R.F. GUEVARA-GONZALEZ, R. G., CONTRERAS-MEDINA, L.M., TORRES-PACHECO, I., PRADO- OLIVAREZ, J., OCAMPO-VELAZQUEZ, R.V.A. Review of methods for sensing the nitrogen status in plants: advantages, disadvantages and recent advances. Sensors, v.13, n.8, p.10823-10843, 2013. DOI <https://doi.org/10.3390/s130810823>.

NOVAKOZISKI, J.H.; SANDINI, I.E.; FALBO, M.K.; MORAES, A.; NOVAKOZISKI, J.H.; CHENG, N.C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. Semina: Ciências Agrárias, v. 32, n. 1, p. 1687-1698, 2011. DOI: [10.5433/1679-0359.2011v32Supl1687](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32Supl1687).

OKUMURA, R.S.; MARIANO, D.C.; DALLACORT, R.; ALBUQUERQUE, A.N.; LOBATO, A.K.S.; GUEDES, E.M.S.; OLIVEIRA, C.F. *Azospirillum*: a new and efficient alternative to biological nitrogen fixation in grasses. Journal of Food, Agriculture & Environment, v. 11, n. 1, p.

1142-1146, 2013. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2000.tb00552.x>.

PINHEIRO, C.H.N.; LIMA, V.M.M.; STIVAL, M.M., SILVA, V.L.; ROCHA, K.R. Utilização de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na cultura do milho. Scientific Electronic Archives, v 13, n. 8, p. 43-50. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13820201044>.

ROCHA, R.A.S.; COLTRO, G.L.; LIZZONI, G.C. Adubação nitrogenada associada à inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. Revista Biodiversidade, v. 19 n. 4, p. 73-81, 2020.

SEGATTO, C.; CONTE, R.; LAJÚS, C.R.; LUZ, G.L. Relação da leitura do clorofilômetro com o rendimento da cultura do milho em diferentes níveis de suprimento de nitrogênio. Scientia Agraria Paranaensis, v. 16, n. 2, p. 253-259, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p253-259>.

SOUSA, D.M.G; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed., Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 416 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.