



## **Aplicação de silício associado ao *Azospirillum Brasilense* e doses de N nos micronutrientes do solo**

**Willian Lima Rodrigues<sup>(1\*)</sup>; Fernando Shintate Galindo<sup>(1)</sup>; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho<sup>(1)</sup>; Castro Alves da Silva Junior<sup>(1)</sup>; Marcelo Rinaldi da Silva<sup>(1)</sup>; Guilherme Carlos Fernandes<sup>(1)</sup>; Antonio Leonardo Campos Biagini<sup>(1)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000 (\*e-mail: willianrodrigues53@gmail.com)

**RESUMO:** Novos estudos são necessário para definir quanto de N mineral pode ser aplicado sem afetar a contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e maximizar a produtividade de grãos, além de determinar o impacto destas práticas na extração e ciclagem de nutrientes no solo, com reflexo na fertilidade do solo. Outra prática, que exerce benefícios sobre gramíneas é a utilização do silício, que pode ser benéfico em condições climáticas adversas, como no Cerrado Brasileiro. Objetivou-se avaliar o efeito da inoculação com *A. brasilense*, associado a doses de N e aplicação de Si na forma de corretivo de acidez em solo, avaliando os teores de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Si do solo pós cultivo de trigo irrigado. O estudo foi realizado em Selvíria – MS, Brasil em um LATOSSO VERMELHO distrófico textura argilosa na safra 2015. O delineamento experimental foi 2 x 5 x 2: duas fontes de corretivo de acidez, cinco doses de N, com e sem inoculação das sementes *A. brasilense*. A utilização de Si na forma de corretivo de acidez disponibilizou Si à cultura do trigo, entretanto não influenciou os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn no solo. A inoculação com *Azospirillum brasilense* aumentou o teor de Fe no solo após cultivo de trigo. As doses de N aplicadas na cultura do trigo não influenciaram nos teores de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Si no solo pós cultivo.

**Termos de indexação:** atributos químicos do solo; fixação biológica de nitrogênio em gramíneas; silício na agricultura.

### **INTRODUÇÃO**

A utilização de novas tecnologias sustentáveis, visando aumento na produtividade e qualidade de alimentos faz-se imprescindível na busca de uma agricultura competitiva e de baixa emissão de carbono. Nesse contexto, práticas que busquem mitigar a utilização de insumos e/ou otimizar sua utilização são estratégias que devem ser utilizadas nos sistemas agrícolas. Por isso, a utilização de

inoculantes contendo bactérias diazotróficas que promovem o crescimento e incrementam a produtividade de plantas chamam cada vez mais atenção (GALINDO et al., 2016).

A tecnologia de inoculação de não leguminosas com bactérias promotoras do crescimento de plantas não simbióticas (PGPB), cujo principal representante é *Azospirillum* spp. é também cada vez mais adotado em diversos países, especialmente para culturas como milho e trigo (GALINDO et al., 2017), principalmente em função da possibilidade de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada, devido ao alto custo fertilizantes e a conscientização de uma agricultura sustentável e menos poluente.

Entretanto, novas pesquisas são necessárias para definir quanto de N mineral pode ser aplicado para atingir níveis satisfatório de FBN com o *Azospirillum brasilense* em gramíneas, visando lucro ao produtor rural e em prol de uma agricultura com menos utilização de insumos (GALINDO et al., 2016).

Outra prática que se insere no contexto sustentável é a utilização do silício, que exerce inúmeros benefícios nas gramíneas, especialmente quando as plantas são submetidas a estresses bióticos e abióticos. Além disso, o silicato de Ca e Mg, além de corrigir a acidez, eleva os teores de fósforo, cálcio, magnésio e silício e, conseqüentemente, saturação por bases, reduzindo o efeito tóxico ferro, manganês e alumínio (REIS et al., 2008). O Si também pode estimular o crescimento das plantas através da formação de folhas verticais e melhor arquitetura da planta que aumentam a taxa fotossintética, com conseqüente redução do acamamento devido à maior rigidez estrutural dos tecidos, e ainda apresenta outro importante benefício relacionado à redução na taxa de transpiração (REIS et al., 2008).

Diante o exposto, e frente à carência de informações sobre esta interação, acredita-se que possa existir efeito sinérgico entre a inoculação com *A. brasilense* e a aplicação de silício, possibilitando assim, maior eficiência da adubação nitrogenada e, conseqüentemente alteração nos atributos químicos do solo pós cultivo de trigo. Desta forma, objetivou-



se avaliar os teores de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Si do solo pós cultivo de trigo irrigado, em função doses de N, fontes de corretivo de acidez e inoculação com *A. brasilense* na sementes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Selvíria, MS (22° 22' latitude S e 51° 22' O longitude, com altitude de 335 m) durante o cultivo de inverno de 2015. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico de textura argilosa, segundo Embrapa (2013), cultivada com lavouras anuais há mais de 28 anos, com os últimos 11 anos sob o sistema de plantio direto, e a cultura anterior ao trigo foi o milho.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial  $2 \times 5 \times 2$ , composto por duas fontes corretivas do solo (calcário dolomítico PRNT = 80%, CaO = 28% e MgO = 20% e silicato de Ca e Mg como fonte de Si PRNT = 88%, Ca = 25%, Mg = 6% e Si total = 10%); Cinco doses de N (0,50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia) aplicados em cobertura; com e sem inoculação das sementes com *A. brasilense*. As parcelas do experimento de trigo apresentavam 5 m de comprimento com 12 linhas espaçadas por 0,17 m. Os atributos químicos do solo na camada arável (0-0,20 m) foram determinados antes da implementação do experimento em 2015, seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (2001). Foram obtidos os seguintes resultados: na camada 0-0,20 m: 9,4 mg dm<sup>-3</sup> de Si, 19 mg dm<sup>-3</sup> de P (resina); 10 mg dm<sup>-3</sup> de S-SO<sub>4</sub>; 21 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; pH 5,0 (CaCl<sub>2</sub>); K, Ca, Mg, H + Al e Al = 2,1; 19,0; 13,0; 28,0 e 1,0 mmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 3,1; 20,0; 27,2 e 0,8 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente; 0,17 mg dm<sup>-3</sup> de B (água quente) e 55% de saturação por bases.

Com base na análise química do solo e com o objetivo de aumentar a saturação por bases para 80%, as doses de 1,94 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e 1,76 t ha<sup>-1</sup> de silicato de cálcio e magnésio foram aplicados 30 dias antes da semeadura do milho, cultivo antecessor ao trigo, aplicado à lavoura e sem incorporação. Para adubação de semeadura foram utilizados 275 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-28-16, baseado na análise do solo e produtividade esperada da cultura do trigo (Boletim Técnico 100)

A inoculação da sementes de trigo com a bactéria *Azospirillum brasilense* estirpes Ab-V5 e Ab-V6 (garantia de  $2 \times 10^8$  unidades formadoras de colônia - UFC/mL), foi realizada na dose de 300 mL de inoculante (líquido) por hectare, uma hora antes da semeadura e após o tratamento e secagem completa das sementes com inseticida e fungicida. Para o tratamento de sementes, o fungicidas piraclostrobina + tiofanato-metílico (6g + 56g de ingrediente ativo (i.a.) por 100 kg de semente) e o inseticida fipronil (62 g de i.a. por 100 kg de semente) foram utilizados.

A semeadura mecânica do cultivar CD1104 foi realizada (05/05/2016), sendo semeadas 70 sementes por metro. A emergência das plântulas ocorreu cinco dias após semeadura. A safra de trigo foi irrigada usando sistema de pivô central, com uma lamina média de 14 mm e um intervalo de irrigação de aproximadamente 72 h. O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado conforme Galindo et al. (2017).

Em ocasião de colheita da cultura do trigo, foram coletados cinco amostras de solo por parcela experimental para compor uma amostra representativa da camada de 0,0-0,20m, utilizando-se um trado tipo caneco. As amostras de solo foram analisadas conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001) e Korndörfer et al. (2004).

## Análise estatística

Os resultados foram avaliados pela análise de variância (teste F) e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias dos corretivos de solo (calcário e silicato de Ca e Mg) e da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e, ajustadas a equações de regressão para o efeito das doses de N, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação com *A. brasilense* aumentou o teor de Fe do solo após cultivo de trigo (**Tabela 1**). Corroborando com Pii et al. (2016) onde a *A. brasilense* afetou a fisiologia das raízes, estimulando a mecanismos bioquímicos que controlam a mobilização de ferro no rizosfera e absorção de Fe pelas plantas, atuando na acidificação da rizosfera e reduzindo o Fe<sup>3+</sup> para Fe<sup>2+</sup>. Para os teores de B, Cu, Mn, Zn e Si, não houve influência da inoculação (**Tabela 1**).

A utilização de Si na forma de silicato de Ca e Mg aumentou o teor de Si no solo (**Tabela 1**), o que já



era esperado, pois o corretivo possui 10 % de Si total. Para os demais teores de micronutrientes catiônicos e B, não houve influência das fontes de corretivos (**Tabela 1**).

As doses de N não influenciaram nos teores de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Si no solo (**Tabela 1**).

## CONCLUSÕES

A utilização de Silicato de Ca e Mg como corretivo de acidez disponibilizou mais Si ao solo e à cultura do trigo, entretanto não influenciou os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn no solo.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* aumentou o teor de Fe no solo após cultivo de trigo.

As doses de N aplicadas na cultura do trigo não influenciaram nos teores de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Si no solo pós cultivo.

## REFERÊNCIAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FERREIRA, D. F.. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciênc. agrotec. . 2014, vol.38, n.2, pp. 109-112 . Disponível en: ISSN 1413-7054

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTTE, J. L. M. Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 1-18, 2016..

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Wheat yield in the Cerrado as affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 52, n. 9, p. 794-805, 2017.

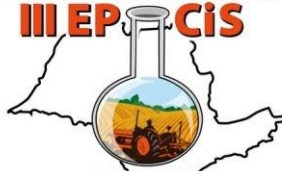
KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; NOLLA, A. Silicon analysis: soil, plant and fertilizer. (In Portuguese.) Uberlândia, GPSi/ ICIAG/UFU, 50p, 2004. (Boletim Técnico, 2).

PII, Y., MARASTONI, L., SPRINGETH, C., FONTANELLA, M.C., BEONE, G.M., CESCO, S., MIMMO, T., 2016. Modulation of Fe acquisition process by *Azospirillum brasilense* in cucumber plants. Environ. Exp. Bot. 130, 216–225.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2ª ed. Instituto Agrônomo de Campinas -IAC.Campinas. 1997. 285p.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. 285 p. (Boletim técnico, 100).

REIS, M.A.R.; ARF, O.; da SILVA, M.G.; de SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Aplicação de silício em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 30, n. 1, p. 37-43, 2008.



**Tabela 1** - Teores de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Si no solo após a cultura do trigo em função de doses de N, corretivos e inoculação com *Azospirillum brasilense*.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
	----- (mg dm <sup>-3</sup> ) -----					
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
0	0,21	4,19	26,8	49,67	1,31	12,50
50	0,22	4,10	23,0	46,10	1,14	12,88
100	0,22	4,18	28,2	52,08	1,28	13,25
150	0,22	4,10	24,2	47,38	1,16	12,63
200	0,20	4,23	26,8	49,10	1,30	12,88
<b>Formas de corretivo</b>						
Calcário	0,20a	4,18a	26,08a	49,23a	1,21a	12,25b
Silicato de Ca e Mg	0,22a	4,14a	25,52a	48,50a	1,27a	13,40a
D.M.S. (5%)	0,03	0,13	3,23	3,63	0,20	1,08
<b>Inoculação</b>						
Sem <i>A. brasilense</i>	0,21a	4,15a	24,08b	48,25a	1,27a	13,15a
Com <i>A. brasilense</i>	0,21a	4,17a	27,52a	49,48a	1,21a	12,50a
D.M.S. (5%)	0,03	0,13	3,23	3,63	0,20	1,08
Média Geral	0,21	4,16	25,80	48,87	1,24	12,83
C.V. (5%)	20,99	4,90	18,94	11,22	24,19	1271

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade