

## Resposta de Genótipos de Sorgo à Inoculação com Microrganismos Solubilizadores de Fósforo

Simone da Silva Santos<sup>(1)</sup>; Bianca Braz Mattos<sup>(2)</sup>; Christiane Abreu de Oliveira<sup>(3)</sup>; Luana Cristina Alves Ribeiro<sup>(4)</sup>; Robert Eugene Shaffert<sup>(5)</sup>; Ivanildo Evódio Marriel<sup>(6)</sup>.

<sup>(1)</sup> Bolsista Fapemig /Vale/ Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG; simone.engenhariaambiental@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Analista da Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG; <sup>(3)</sup> Pesquisadora; Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo; <sup>(4)</sup> Graduanda Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ, Sete Lagoas, MG; <sup>(5,6)</sup> Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG;

**RESUMO:** A deficiência de fósforo (P) é um dos principais fatores que limitam a produção agrícola no Brasil e em vários outros países tropicais. A cultura do sorgo apresenta notável capacidade adaptativa a estresses ambientais como esta deficiência, através de mecanismos e adaptações que contribuem para aumento da aquisição eficiente de fósforo, incluindo a sua associação com microrganismos para este fim. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de grãos em dois genótipos de sorgo contrastantes no uso de P, BR007 e SC283, inoculados com duas estirpes, B70 e B116 e adubados com fosfato de rocha Araxá combinado ou não com superfosfato triplo. O experimento foi conduzido em campo experimental, na Embrapa Milho e Sorgo, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Avaliou-se produtividade de grãos de sorgo até o presente momento. Pela análise de variância, observou-se efeito significativo para o fator fonte de P e genótipo, sobre a produtividade de grãos de sorgo. No tratamento adubado com fosfato de Araxá observaram-se acréscimos na produção de grãos do genótipo BR007 de 26% e 38% para inoculação com a bactéria B70 e B116, respectivamente. Conclui-se que a produtividade de grãos do sorgo pode ser incrementada pela inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP), sendo os efeitos dependentes do inoculante, tipo de tratamento fonte de P e do genótipo de sorgo.

**Termos de indexação:** Fosfato de rochas, bioinoculantes, *Sorghum bicolor*.

### INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é considerado o quinto cereal mais cultivado no mundo, antecedido pelo milho, trigo, arroz e cevada (Fao, 2012), com uma produção mundial estimada em 52,0 milhões de toneladas (CONAB, 2013). A sua principal utilização está na alimentação animal (Rodrigues, 2009), mas dados recentes propõem

seu uso na produção de etanol lignocelulósico (Damasceno et al., 2010).

O sorgo apresenta notável capacidade de adaptar-se a diversos ambientes. Essa vantagem adaptativa é refletida também no desenvolvimento de resistência a doenças e pragas que afetam a produção de grãos (Dillon et al., 2007). Através de vários mecanismos e processos, estas adaptações contribuem para a aquisição e uso eficiente de fósforo (P) e outros nutrientes com baixa disponibilidade no solo.

Genótipos eficientes na aquisição de nutrientes pouco móveis no solo, como o P, podem ter aumento na capacidade de exploração do solo, por meio de modificações na morfologia do sistema radicular. Podendo assim, converter as formas de fósforo não utilizáveis para formas absorvíveis, por meio da exsudação de compostos orgânicos ou de associação com microrganismos (Rengel & Marschner, 2005). No entanto, em sorgo, poucos estudos tem relatado a resposta desta cultura à inoculação com microrganismos, especialmente os denominados como solubilizadores de fosfato (MSP).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo sobre a produção de grãos de sorgo em solo adubado com fosfato de rocha, visando seleção futura de inoculantes para esta cultura.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 13/14, em campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas– MG, localizada entre as latitudes 19° 28' 4" Sul, 44° 15' 08". Foram avaliadas duas linhagens parentais desenvolvidas pelo programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, contrastantes para aquisição de P, SC283, ineficiente, e BR007, eficiente (Silva, 2012). Foi avaliado o efeito da inoculação de duas estirpes de MSP (B70 e B116) na produção de grãos. Estes microrganismos pertencem à Coleção de Microrganismos da Embrapa Milho e Sorgo e foram

previamente selecionadas quanto à eficiência de solubilização de P por Oliveira et al. (2009).

### Tratamentos

Foram constituídos 14 tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 3 + 4$ , sendo os fatores as fontes de P: fosfato de Araxá (FA) e FA com super fosfato triplo (ST); os microrganismos solubilizadores de P (B70, B116 e sem microrganismos, B0); quatro tratamentos adicionais: testemunha sem P e adubação com superfosfato triplo para cada genótipo (**Tabela 1**).

### Cultivo das estirpes e preparo do inoculante

Os microrganismos foram crescidos em meio de cultura soja triplicaseína (TSB), sob agitação por uma semana a 28 °C. Após o período de incubação, as culturas foram centrifugadas por 10 minutos a 6000 RPM. As suspensões bacterianas foram ajustadas à absorbância igual ou superior a 1, em comprimento de onda de 550 nm, com a finalidade de obter-se aproximadamente  $10^9$  células mL<sup>-1</sup>.

Posteriormente, as suspensões foram adicionadas ao veículo (carvão), na proporção de  $10^9$  células por grama de carvão, constituindo uma concentração final próxima a  $10^8$  células por grama de semente. Em seguida, o inoculante (bactéria + carvão) foi adicionado às sementes após o envolvimento destas com uma solução de goma de polvilho de mandioca a 5%.

### Cultivo de plantas de sorgo

O experimento foi instalado em solo de fertilidade construída, classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, pH H<sub>2</sub>O = 6,3, Al = 0,01; Ca = 3,9; Mg = 0,7; T = 6,8 (cmolc dm<sup>-3</sup>); P = 9,7; K = 80,4 (mg dm<sup>-3</sup>); V = 71,2 %, teor de argila = 74,0 dag kg<sup>-1</sup>, MO = 3,47 (dag. kg<sup>-1</sup>). As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de cinco metros, com espaçamento de 0,70 m entre linhas, com bordadura de milho constituída por duas linhas de cinco metros em cada lado da parcela.

A adubação de plantio foi realizada com aplicação de 300 kg.ha<sup>-1</sup> do formulado 20-00-20 (60 kg.ha<sup>-1</sup> de N e 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). A fonte de fósforo foi aplicada de acordo com cada tratamento listado acima, na dose de P de 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, exceto no controle sem adubação fosfatada (PO), sendo as fontes de P: Super fosfato Triplo (ST), fosfato de Araxá (FA) e a mistura de metade da dose com ST e outra metade com FA (STFA).

A adubação de cobertura foi dividida em duas aplicações de 150 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia cada, aos 30 e 45 dias após o plantio. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com recomendado para a cultura na região.

**Tabela 1** – Tratamentos utilizados para determinação do efeito da inoculação de microrganismos solubilizadores de fósforo em sorgo

Tratamentos	Genótipo	Fonte P	Inoculante
1	BR007 <sup>1</sup>	FA <sup>3</sup>	Sem inoculação (B0) <sup>5</sup>
2	SC283 <sup>2</sup>	FA	
3	BR007	ST FA	
4	SC283	ST FA	
5	BR007	ST <sup>4</sup>	Testemunhas
6	SC283	ST	
7	BR007	-	
8	SC283	-	
9	BR007	FA	Com Inoculação (B70) <sup>6</sup>
10	SC283	FA	
11	BR007	STFA	
12	SC283	STFA	
13	BR007	FA	Com inoculação (B116) <sup>7</sup>
14	SC283	FA	
15	BR007	STFA	
16	SC283	STFA	

<sup>1</sup>Genótipo de sorgo eficiente para fósforo 1;

<sup>2</sup>Genótipo de sorgo ineficiente para fósforo; <sup>3</sup>FA-rocha fosfato de Araxá; <sup>4</sup>ST-Super Triplo; <sup>5</sup>B0- Sem Inoculante; <sup>6</sup> B70-Bactéria solubilizadora de fósforo e <sup>7</sup>B116-Bactéria solubilizadora de fósforo.

Os experimentos receberam irrigação sempre que necessário, para evitar a ocorrência de estresse hídrico.

### Coleta e análise dos grãos

A coleta dos grãos de sorgo foi realizada manualmente com corte da panícula e remoção dos grãos. A característica agrônômica avaliada foi a produtividade de grãos, corrigida a 13% de umidade (PG), para kg ha<sup>-1</sup>.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Scott- Knott, a 5% de probabilidade, versão 5.3, Ferreira (2010).

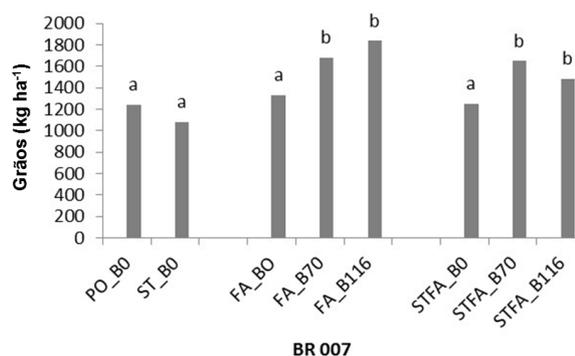
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo para o fator fonte de P e genótipo, sobre a produtividade de grãos de sorgo. De maneira geral, independente do genótipo de sorgo e da fonte de P, houve efeito positivo da inoculação das bactérias B116 e B70 sobre a produção de grãos comparada ao tratamento não inoculado (B0). Não ocorreu diferença significativa para a interação entre genótipos e as fontes de P, mas para o desdobramento da fonte de P e estirpe dentro dos genótipos BR007 e SC 283, ocorreu diferença significativa entre bactérias para cada fonte de P avaliada.

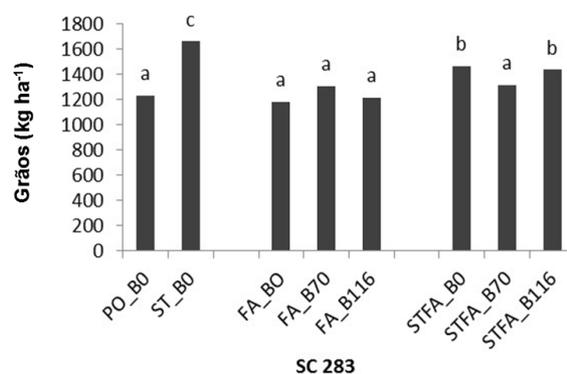
Para o genótipo BR007, o efeito da inoculação foi significativo para os tratamentos adubados com fosfato de Araxá (FA) e Super Triplo + fosfato de Araxá (STFA) (**Figura 1**). Neste caso, a aplicação dos inoculantes formulados a partir do isolado B70, no tratamento (FA), ocasionou acréscimos de até 26% para B70 e 38% para B116 na produção de grãos. Enquanto que o tratamento que recebeu adubação com metade da dose de P aplicada na forma mais solúvel, super fosfato triplo e metade como fosfato de Araxá (STFA) a aplicação dos inoculantes formulados com o isolado B70 originou um acréscimo de até 32% e na inoculação com B116 ocorreu um aumento de 19% na produtividade de grãos. (**Figura 1**). O efeito da inoculação com relação à fonte química (ST) para o genótipo BR007, não pôde ser utilizado para comparação com outros tratamentos, pois ocorreu neste tratamento incidência da doença mancha branca o que pode ter influenciado sua produtividade.

Para o genótipo SC283, o aumento na produção não foi significativo para ambas às bactérias inoculadas com fosfato de Araxá (**Figura 2**). Estes resultados estão de acordo com trabalho realizado em casa de vegetação, por (Soares et al., 2013), quando se avaliou o efeito dessas duas estirpes de MSP no aumento do crescimento destes mesmos genótipos de sorgo. Com isso, pode-se sugerir que o efeito da solubilização de P pelas estirpes no acúmulo de P pela planta, aumento de massa seca e produção de grãos depende do genótipo de sorgo, combinação de fosfatos, fatores ambientais e das estirpes de microrganismos utilizadas. A análise de acúmulo de P na planta em campo é uma etapa importante a ser realizada para comprovação destes efeitos.

Os resultados observados neste trabalho sugerem que há potencial na aplicação das estirpes como bioinoculantes em combinação com fosfato de rocha na substituição e/ou complementação da adubação fosfatada convencional em sorgo.



**Figura 1.** Produção de grãos do genótipo de sorgo BR007 inoculado com estirpes de microrganismos solubilizadores de P (B70 e B116) e adubado com fontes de fósforo (P): fosfato de Araxá (FA), super fosfato triplo (ST) e metade da dose de P com FA e ST. Controle sem inoculação e sem fósforo = POBO. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott knott a 5% de probabilidade.



**Figura 2:** Produção de grãos do genótipo de sorgo SC283 inoculado com estirpes de microrganismos solubilizadores de P (B70 e B116) e adubado com fontes de fósforo (P): fosfato de Araxá (FA), super fosfato triplo (ST) e metade da dose de P com FA e ST. Controle sem inoculação e sem fósforo = POBO. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott knott a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

A produtividade de grãos de sorgo pode ser estimulada pela inoculação com MSP, sendo os efeitos dependentes do tipo de genótipo de sorgo, inoculantes e de adubação fosfatada.

## AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo pela estrutura para a realização dos experimentos dos experimentos, ao CNPQ e à Fapemig e Vale pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

CONAB (Companhia Nacional de abastecimento), 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploadsarquivos/13\\_10\\_10\\_14\\_56\\_18\\_sorgosetembro2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploadsarquivos/13_10_10_14_56_18_sorgosetembro2013.pdf)>. Acesso em 10/05/2014

DAMASCENO, C. M. B.; PARRELLA, R. A. C.; SIMEONE, M. L. P.; SCHAFFERT, R. E.; MAGALHÃES, J. V. Caracterização bioquímica de genótipos de sorgo quanto ao teor de lignina e análise molecular de rotas metabólicas visando à produção de etanol de segunda geração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO. **Anais do Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo**. Goiânia: Embrapa, 2010. CD-ROM.

DILLON, S. L.; SCHAPTER, F. M.; HENRY, R. J.; CORDEIRO, J.; IZQUIERDO, L.; SLADE, L. Domestication to crop improvement: genetic resources for Sorghum and Saccharum (Andropogoneae). **Annals of Botany**, London, v. 100, p. 975-989, 2007.

FERREIRA, D.F. SISVAR - **Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. DEX. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Coarse Grains. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e04.htm>>. Acessado em 10 de maio de 2014.

OLIVEIRA, C. A.; ALVES, V. M.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; MUZZI, M. R. S.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. T.; SCHAFFERT, R. E.; SÁ, N. M. H. **Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome**. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 41, p. 1782-1787, 2009

RENGEL, Z.; MARSCHNER, P. **Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting genotypic differences**. *New Phytologist*, v. 168, p. 305-312, 2005.

RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do sorgo**. 5. ed. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009**. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2). Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo\\_5ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_5ed/index.htm)> Acesso em 10 maio 2014.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, C.A.; MATTOS, B. B.; ARAÚJO, J.M.; MARRIEL, I.E. ; SCHAFFERT, R. E. . **Resposta de genótipos de sorgo à inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo**. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013, Florianópolis. **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do solo**, 2013.

SILVA, LIDIANNE ASSIS. S586f **Fenotipagem para a eficiência de fósforo em linhagens de sorgo**. / Lidianne Assis Silva. – – Jaboticabal, 2012 vi 83 f.