

## Resposta de genótipos de sorgo à inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo.

**Eveline Anielly Cristelli Soares<sup>(1)</sup>; Christiane Abreu de Oliveira<sup>(2)</sup>; Bianca Braz Mattos<sup>(3)</sup>; Jaqueline Araújo Teixeira<sup>(4)</sup>; Ivanildo Evódio Marriel<sup>(5)</sup>, Robert Eugene Schaffert<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPEMIG e EMBRAPA.

<sup>(1,4)</sup> Bolsista da EMBRAPA Milho e Sorgo; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG. [evcristelli@yahoo.com.br](mailto:evcristelli@yahoo.com.br); [jamoat2006@yahoo.com.br](mailto:jamoat2006@yahoo.com.br).

<sup>(3)</sup> Analista da EMBRAPA Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG. [bianca.mattos@embrapa.br](mailto:bianca.mattos@embrapa.br).

<sup>(2,5,6)</sup> Pesquisador da EMBRAPA Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG. [christiane.paiva@cnpmc.embrapa.br](mailto:christiane.paiva@cnpmc.embrapa.br); [eliane@cnpmc.embrapa.br](mailto:eliane@cnpmc.embrapa.br); [schaffert@cnpmc.embrapa.br](mailto:schaffert@cnpmc.embrapa.br); [imarriel@cnpmc.embrapa.br](mailto:imarriel@cnpmc.embrapa.br).

**RESUMO:** A baixa disponibilidade de fósforo é um fator que restringe o desenvolvimento e a produção das plantas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e acúmulo de fósforo em dois genótipos de sorgo, BR007 e SC283, inoculados com duas estirpes, B70 e B116 e adubados com fosfato de rocha Itafós combinado ou não com superfosfato triplo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na EMBRAPA Milho e Sorgo, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Avaliaram-se massa seca (raiz e parte aérea) e teor de fósforo (parte aérea). Observou-se acréscimos de 50% na massa seca da parte aérea, 64% de fósforo foliar do sorgo BR007. Para o genótipo SC283, observou-se um aumento de até 30% na massa seca radicular quando inoculado com B70 e com adubação exclusiva de fosfato de Itafós. Conclui-se que o crescimento do sorgo pode ser estimulado pela inoculação com MSP, sendo os efeitos dependentes do inoculante, tipo de fonte de P e do genótipo de sorgo.

**Termos de indexação:** genótipos, solubilização, fosfato de rocha de Itafós.

### 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 2011 de 60,2 milhões de toneladas, em uma área de 44,4 milhões de hectares.

As plantas de sorgo desenvolveram mecanismos de adaptação para diversas condições ambientais, resultando em uma extensa variação genética para tolerância a diversos estresses. Tuinstra et al. (1997) 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 converter as formas não utilizáveis para formas absorvíveis, por meio da exsudação de compostos orgânicos ou de associação com microrganismos. Rengel e Marschner (2005).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP) sobre o crescimento de sorgo em solo adubado com fosfato de rocha, visando seleção de inoculantes para culturas de grãos.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na EMBRAPA Milho e Sorgo. Foram utilizados dois genótipos de sorgo, contrastantes para uso de P, sendo a linhagem SC283, considerada como eficiente e responsivo à adubação fosfatada e a BR007, ineficiente e responsivo. Foram testadas duas estirpes de MSP (B70 e B116), pertencentes à Coleção de Microrganismos da Embrapa Milho e Sorgo e previamente selecionadas quanto à eficiência de solubilização de P por Oliveira et al. (2009).

### Tratamentos

Os tratamentos estão descritos na **tabela 1**. Foram constituídos 12 tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos consistiram de um fatorial 2x2x3, sendo os fatores, dois genótipos de sorgo, duas fontes de P (superfosfato triplo e fosfato de Itafós - 300 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> .dm<sup>-3</sup> de solo) e três inoculantes (sem inoculação - B0 e estirpes B116 e B70).

### Cultivo das estirpes e preparo do inoculante

A partir de culturas preservadas, as estirpes foram testadas quanto a pureza em ágar-batata. Colônias isoladas de cada estirpe foram transferidas para erlenmeyers de 125 ml contendo 50 ml de caldo nutritivo e incubadas à temperatura de 28°C, sob agitação durante 96 horas. Após este período, as

culturas foram centrifugadas, ressuspensas em solução salina e ajustadas para 1,0 DO, a 540 nm.

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 semente. O inoculante (bactéria + carvão) foi peletizado às sementes de sorgo com goma de fécula de mandioca.

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

Trat.	Genótipo	Fonte P	Inoculante
1	BR007 (G1) <sup>1</sup>	ST <sup>4</sup> + FI <sup>3</sup>	
2	SC283 (G2) <sup>2</sup>	ST + FI	Sem
3	BR007 (G1)	FI	inoculação
4	SC283 (G2)	FI	
5	BR007 (G1)	ST + FI	<sup>5</sup> Com
6	SC283 (G2)	ST + FI	inoculação
7	BR007 (G1)	FI	B116
8	SC283 (G2)	FI	
9	BR007 (G1)	ST + FI	<sup>6</sup> Com
10	SC283 (G2)	ST + FI	Inoculação
11	BR007 (G1)	FI	B70
12	SC283 (G2)	FI	

<sup>1</sup>G1-Genótipo de sorgo 1; <sup>2</sup>G2-Genótipo de sorgo 2; <sup>3</sup>FI-rocha fostato de Itafós; <sup>4</sup>ST-Super Triplo; <sup>5</sup>B116-Bactéria solubilizadora de fósforo; <sup>6</sup>B70-Bactéria solubilizadora de fósforo.

### Cultivo de plantas de sorgo

Para o ensaio em casa de vegetação, foram utilizados vasos contendo 4 kg de um Latossolo Vermelho distroférrico típico, com as seguintes características químicas e físicas, antes da aplicação dos insumos: pH H<sub>2</sub>O = 5,2, Al = 0,4; Ca = 2,5; Mg = 0,2; T = 11,8 (cmolc dm<sup>-3</sup>); P = 2,2; K = 30,3 (mg dm<sup>-3</sup>); V = 23,2 % e teor de argila = 74,0 dag kg<sup>-1</sup>.

A necessidade de calagem foi calculada para se atingir V = 70 %, com aplicação de reagente p.a. 20 dias antes da instalação do experimento. Cerca de 10 dias antes do plantio, foi realizada adubação com solução nutritiva. As doses dos fertilizantes p.a. foram calculadas para atender à demanda do sorgo.

Após vinte dias de incubação do solo com adubos e corretivos, foram semeadas 20 sementes de sorgo por vaso, deixando-se 10-12 plantas/vaso após o desbaste efetuado aos oito dias após a semeadura. Aos 20 dias após o plantio, os nutrientes foram reaplicados com solução nutritiva meia força Somasegaran & Hoben (1985).

### Coleta e análise das plantas e solo

A coleta das plantas, separadas em parte aérea, raiz e amostras do solo cultivado foram realizadas

aos 50 dias após o plantio para análises químicas e microbiológicas.

Para determinação da massa seca, as amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura de 65 °C até atingir peso constante e moídas em moinho tipo Willey.

Análises químicas das plantas de sorgo foram realizadas para determinação dos teores e conteúdos de fósforo na parte aérea e raiz Silva (1999).

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott (p<0,05), utilizando o programa Sisvar, versão 5.3 Ferreira (2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância, observou-se efeito significativo para o fator fonte de P e genótipo, sobre o crescimento do sorgo, medido pelo acúmulo de massa seca aos 50 dias de cultivo. De maneira geral, independente do genótipo de sorgo e fonte de P, houve efeito da inoculação das bactérias B116 e B70 sobre a massa seca da parte aérea (MSPA) da planta (**Figura 1**) em relação ao tratamento que não recebeu inoculação (B0). Para o genótipo BR007, este efeito foi significativo, quando se aplicou no solo o fosfato de Itafós (**Figura 2**). Neste caso, a aplicação dos inoculantes, B70 e B116, ocasionou acréscimos de até 50% na fitomassa da parte aérea do genótipo BR007 (**Figura 2**). Para este mesmo genótipo, ocorreu aumento de 40% na massa seca radicular, com inoculação de B70 em uso combinado com fosfato de Itafós e supertriplo (**Figura 3**).

Em geral, o aumento relativo da massa seca da raiz em relação ao tratamento controle sem inoculação (B0), de forma geral, foi significativo para a inoculação com a bactéria B70, independente do tipo de fonte de P e genótipo de sorgo (**Figura 5**). Entretanto, para o genótipo BR007 quando cultivado com fosfato de Itafós, ocorreu também efeito significativo da inoculação de B116 (**Figura 4**), com relação ao controle não inoculado. Para o genótipo SC283, observou-se um aumento de até 30% na massa seca radicular nas plantas adubadas com inoculante a base de B70 e fosfato de Itafós (**Figura 6**).

O aumento da massa seca da raiz (MSR) indica um possível efeito hormonal sobre o crescimento radicular do sorgo. No entanto, para o genótipo BR007 inoculado com a bactéria B70 e cultivado com fosfato de Itafós, este efeito pode não ter sido

somente hormonal, pois ocorreu diferença significativa no acúmulo de fósforo na e raiz (**Figura 7**) com relação ao tratamento sem inoculação. Este aumento de fósforo na presença do inoculante foi de 64% com relação ao controle não inoculado (**Figura 7**) e no caso da raiz, embora a diferença relativa não tenha sido significativa, este acréscimo foi de 25% (**Figura 8**).

Isso sugere que, o efeito da solubilização das estirpes no acúmulo de P e aumento de massa seca, depende do genótipo de sorgo, combinação de fosfatos e fatores ambientais. No entanto, são necessários testes de campo para comprovação deste efeito, visto que o fósforo possui maior efeito sobre a produção e maturação de grãos (Parentoni et al., 2000).

Houve aumento no crescimento da MSR e MSPA nos tratamentos que tiveram inoculação com as estirpes (B116 e B70), porém houve acréscimos maiores com inoculação da estirpe B70. Estes resultados corroboram com os dados de (Gomes et al. 2012) em estudos com milho cultivado com Itafós e inoculado com a mesma bactéria, B70, quando ocorreu um aumento de 43,1% na massa seca e 33,5% do conteúdo de P.

Além disso, alguns resultados demonstram um incremento de 25% na produção de matéria seca, e de 52% na absorção de P em trigo adubado com fosfato de rocha, inoculado com *Penicillium radicum*, em comparação com testemunhas, em experimentos de casa de vegetação e campo. Whitelaw (2000)

Os resultados aqui encontrados sugerem que há potencial na aplicação de bioinoculantes fosfatados em combinação com fosfato de rocha na substituição e/ou complementação da adubação fosfatada convencional em sorgo.

## CONCLUSÕES

O crescimento e o acúmulo de fósforo em sorgo podem ser estimulados pela inoculação com MSP, sendo os efeitos dependentes do inoculante, tipo de genótipo de sorgo e tipo de fonte de fósforo.

O genótipo de sorgo BR007 obteve maior acúmulo de massa e fósforo que SC283, quando inoculado com a bactéria B70 e cultivado com adubação de fosfato de rocha, Itafós.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, Centro Universitário de Sete Lagoas (UNIFEMM) e EMBRAPA Milho e Sorgo, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

### a. Periódicos:

FERREIRA, D.F. Sisvar versão 5.3. DEX/UFLA, 2010.

GOMES, E. A., OLIVEIRA, C. A., MARRIEL, I. E., Santos, F.G., et al. Efeito da inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfato sobre o crescimento de milho (*Pennisetum glaucum*) fertilizado com fosfato de rochas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. , v.43, p.1 - 24, 2012.

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, 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.

SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos / Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370p.

SOMASEGARAN, P. & HOBEN, H. J. Methods in legume - Rhizobium technology. University of Hawaii Nifl. Biological Nitrogen Fixation, p. 54-63, 1985.

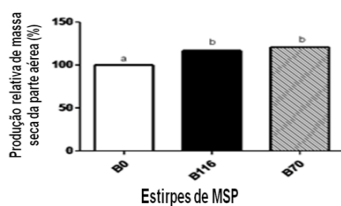
TUINSTRAN, M. R.; GROTE, E. M; GOLDSBROUGH, P. B.; EJETA, G. Genetic analysis of post flowering drought tolerance and components of grain development in Sorghum bicolor (L) Moench. Molecular Breeding, V.3, p. 439-448, 1997.

WHITELAW, M.A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. Advances in Agronomy, San Diego, v. 69, p. 99-151, 2000.

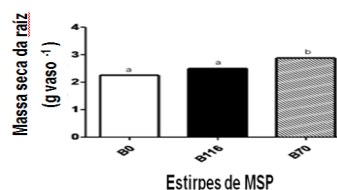
### b. Trabalho em Anais:

PARENTONI, S. N., VASCONCELLOS, C. A., ALVES, V. M. C., PACHECO, C. A. P., SANTOS, M. X., GAMA, E. E. G., MEIRELLES, W. F., CORREIA, L. A., PITTA, G. V. E., BAHIA FILHO, A. F. C., 2000. Eficiência na utilização de fósforo em genótipos de milho. In: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, n. 23, p.92, Uberlândia, Brasil.

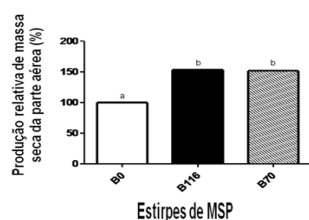
c. Internet:FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Coarse Grains. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e04.htm>>. Acessado em 15 de abril de 2013.



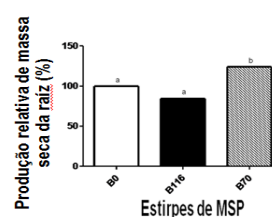
**Figura 1** – Produção relativa de MSPA de plantas de sorgo inoculadas com estirpes de MSP. (Controle sem inoculação = 100 %; 2,85 g vaso<sup>-1</sup> MSPA). Valores médios de dois genótipos, duas fontes de P e três repetições.



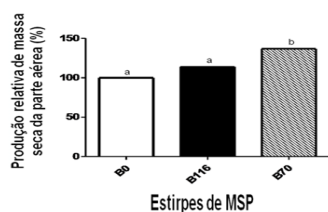
**Figura 5** – MSR de plantas de sorgo inoculadas com estirpes de MSP. Valores médios de dois genótipos, duas fontes de P e três repetições.



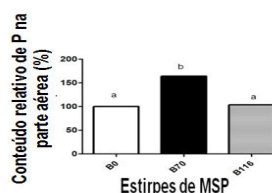
**Figura 2** – Produção relativa de MSPA de plantas de sorgo BR007 inoculadas com estirpes de MSP e adubadas com fosfato de Itafós. (Controle sem inoculação = 100 %; 0,72 g vaso<sup>-1</sup> MSPA). Valores médios de três repetições.



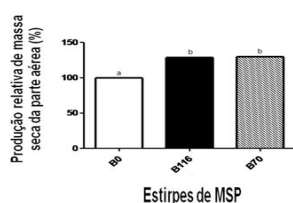
**Figura 6** – Produção relativa de MSR de plantas de sorgo SC283 inoculadas com estirpes de MSP e adubadas com fosfato de Itafós. (Controle sem inoculação = 100 %; 1,04 g vaso<sup>-1</sup> MSR). Valores médios de três repetições.



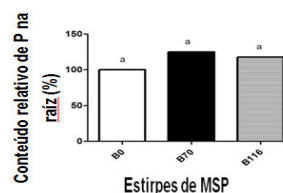
**Figura 3** – Produção relativa de MSPA de plantas de sorgo BR007 inoculadas com estirpes de MSP e adubadas com fosfato de Itafós e Super triplo. (Controle sem inoculação = 100 %; 3,28 g vaso<sup>-1</sup> MSPA). Valores médios de três repetições.



**Figura 7** – Conteúdo relativo de P (fósforo) na parte aérea de plantas de sorgo inoculadas com estirpes de MSP. (Controle sem inoculação = 100 %; 0,8 g kg<sup>-1</sup> P). Valores médios de dois genótipos, duas fontes de P e três repetições.



**Figura 4** – Produção relativa de MSPA de plantas de sorgo BR007 inoculadas com estirpes de MSP e adubadas com Fosfato de Itafós. (Controle sem inoculação = 100 %; 0,65 g vaso<sup>-1</sup> MSPA). Valores médios de três repetições.



**Figura 8** – Conteúdo relativo de P (fósforo) na parte aérea de plantas de sorgo BR007 inoculadas com estirpes de MSP e adubadas com fosfato de Itafós. (Controle sem inoculação = 100 %; 0,63 g kg<sup>-1</sup> P). Valores médios de três repetições.