

## CONTRIBUIÇÃO DE BIOESTIMULANTES CONTENDO MICRORGANISMOS RIZOSFÉRICOS NA ABSORÇÃO DE FÓSFORO PELO MILHO

RAFAEL UMBELINO BENTO<sup>1</sup>, ADILSON PELÁ<sup>2</sup>, MATHEUS DE ARAÚJO RIBEIRO<sup>1</sup>,  
JOÃO ANTÔNIO GONÇALVES E SILVA<sup>1</sup> e SIHÉLIO JÚLIO SILVA CRUZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Goiás - Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Estadual de Goiás – UEG/  
Campus Ipameri. [rafaelumbelino@agronomo.eng.br](mailto:rafaelumbelino@agronomo.eng.br), [matheus\\_ar10@hotmail.com](mailto:matheus_ar10@hotmail.com), [joaoantonio@agronomo.eng.br](mailto:joaoantonio@agronomo.eng.br)

<sup>2</sup>Professor do curso de Agronomia da Universidade Estadual de Goiás – UEG/Campus Ipameri. [adilson.pela@ueg.br](mailto:adilson.pela@ueg.br)

<sup>3</sup>Instituto Federal Goiano - Professor do Curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano - Campus de Iporá.  
[sihelio@agronomo.eng.br](mailto:sihelio@agronomo.eng.br)

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.3, p. 572-581, 2016*

**RESUMO** - Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial uso de microrganismos rizosféricos em função de diferentes doses de fosfato aplicadas na adubação de sementeira da cultura do milho no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás / Campus Ipameri. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições. Foram dez tratamentos, sendo cinco doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na adubação de sementeira (0, 20, 40, 80 e 160 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) e dois tratamentos constituídos pela presença ou pela ausência da aplicação do biofertilizante (BACSOL<sup>®</sup> + ORGASOL<sup>®</sup>), contendo estirpes de bactérias e fungos rizosféricos. Por ocasião da colheita, foram realizadas as avaliações de matéria seca de planta, de matéria seca de espiga, de número de fileiras de grãos por espiga, de massa de 100 grãos, de teores de P na planta e nos grãos. Ocorreu efeito de doses em função da inoculação. Os benefícios da inoculação com microrganismos promotores de crescimento na massa seca da parte aérea, nos teores de P na planta e nos grãos do milho se manifestaram principalmente em condições de baixa disponibilidade, ou seja, nas menores doses de fósforo.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, adubação fosfatada, disponibilização de formas inorgânicas de fosfato, Cerrado.

### MICRO P-SOLUBILIZING CONTRIBUTION IN PHOSPHORUS ABSORPTION BY MAIZE

**ABSTRACT** – This study aimed to evaluate the potential use of rhizosphere microorganisms due to different doses of phosphate fertilizer applied at sowing of corn in the experimental field of the Universidade Estadual de Goiás/Unit Ipameri. The experimental design was randomized blocks in a 5x2 factorial scheme with four replications. The total of ten treatments comprised five levels of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> at sowing fertilization (0, 20, 40, 80 and 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) in the presence or absence of the application of biofertilizers (BACSOL<sup>®</sup> + ORGASOL<sup>®</sup>) containing strains of rhizosphere bacteria and fungi. Plant dry matter ear, number of kernel rows per ear, weight of 100 grains, P content in plant and grains were evaluated at harvest. Effect of doses depending on the inoculation was observed. The benefits of inoculation with growth-promoting microorganisms in the dry mass of the aerial part, the P content in plant and corn grains occurred mainly in low availability conditions, ie in the lower phosphorus levels.

**Keywords:** *Zea mays*, phosphate fertilizers, availability of inorganic forms of phosphates, Cerrado.

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura mundialmente importante em virtude de sua diversidade de utilização, da extensão da área cultivada e de sua elevada capacidade produtiva. Os maiores produtores mundiais são os Estados Unidos, a China e o Brasil (Fancelli & Dourado Neto, 2008; USDA, 2014). De acordo com a Conab (2013), a produtividade média nacional obtida com a cultura passou de 4.808 para 5.115 kg ha<sup>-1</sup> e a produção brasileira na safra 2012/13 foi 81.344,3 mil toneladas, com variação positiva de 11,5% em relação à anterior, portanto uma safra recorde. Entre os fatores que mais contribuem com a produtividade do milho, está o estado nutricional da planta, que depende da fertilidade dos solos e das adubações.

Em geral, os solos de regiões de clima tropical se caracterizam pelo elevado grau de intemperismo e pelos baixos teores de fósforo na forma disponível às plantas (Rocha et al., 2005; Corrêa et al., 2008; Costa et al., 2009) e a região do Cerrado não constitui exceção. Os teores totais em solos tropicais variam de 200 a 3.000 mg dm<sup>-3</sup>; porém, a quantidade disponível para a planta é de aproximadamente 0,1% desse total. Isso faz com que a aplicação de quantidades relativamente elevadas de fosfato seja necessária para viabilizar a exploração agrícola do Cerrado, sobretudo nos solos mais argilosos (Corrêa et al., 2008). Além do mais, a produção de fertilizantes com fósforo solúvel demanda grande consumo de energia e apresenta custo elevado (Stamford et al., 2003).

Dentre as alternativas que possibilitam a melhoria na eficiência de aproveitamento dos adubos usados como fontes de fósforo, destacam-se o crescimento diferencial do sistema radicular em plantas de milho (Alves et al., 2002) e a ação dos microrganismos solubilizadores (Araújo & Santos Júnior, 2009; Ramos et al., 2012; Duarte et al., 2014).

A transformação do fosfato insolúvel, mineral ou orgânico, através dos processos de solubilização ou mineralização é já conhecida há longo tempo (Gerretsen, 1948). O processo de solubilização ocorre graças à produção de ácidos orgânicos tanto pelas raízes das plantas (Hoffland et al., 1989), mas principalmente por microrganismos do solo que atuam diretamente na dissolução do fósforo ou pela ação quelante sobre os cátions, liberando fosfatos solúveis (Sperber, 1958; Cerezine et al., 1988) além de suas necessidades, que podem ser aproveitados pelas plantas.

Nesse sentido, fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* e bactérias dos gêneros *Enterobacter* e *Erwinia* (Whitelaw, 2000; Silva Filho & Vidor, 2000) apresentam capacidade de solubilizar fosfatos naturais, existentes ou adicionados ao solo, bem como os compostos de baixa solubilidade, formados após a adição de fosfatos solúveis. Deste modo, Chabot et al. (1993) e Wahid e Mehana (2000) salientam que os microrganismos solubilizadores de fosfato desempenham importante papel na disponibilização de formas inorgânicas de fosfato (Ca-P, Al-P e Fe-P), considerando o aumento do teor de fósforo na solução, que propicia melhor crescimento e maior rendimento das culturas.

Apesar de tais conhecimentos, os desenvolvimentos dessas tecnologias e de processos que maximizem a solubilização requerem mais estudos que avaliem o comportamento de tais microrganismos quanto ao potencial de solubilização na presença de níveis de fósforo variados em condições de campo.

Assim, objetivou-se, com este estudo, avaliar o potencial uso de dois produtos comerciais que apresentam em sua composição microrganismos rizosféricos, aminoácidos e micronutrientes (BACSOL<sup>®</sup> e ORGASOL<sup>®</sup>) em função de diferentes doses de fosfato aplicadas na adubação de semeadura da cultura do milho.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus de Ipameri, município de Ipameri-GO. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições. Foram dez tratamentos, sendo cinco doses de  $P_2O_5$  na adubação de semeadura (0, 20, 40, 80 e 160 kg de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>) e dois tratamentos constituídos pela presença ou pela ausência da aplicação do biofertilizante (BACSOL + ORGASOL) contendo estirpes de microrganismos solubilizadores de fósforo.

O BACSOL<sup>®</sup> é um produto biotecnológico desenvolvido para aumentar a produtividade agrícola, considerado um fertilizante orgânico composto classe A. Os microrganismos deste produto estão na forma de esporos, entrando em intensa multiplicação quando em contato com a umidade do solo (Monteiro & Auer, 2012). Os microrganismos que compõem o produto são em sua maioria pertencentes aos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. O produto apresenta uma natureza física sólida composta de farelo de soja e arroz.

O ORGASOL<sup>®</sup> é um composto orgânico natural líquido que contém aminoácidos como ingredientes ativos, associados a 0,5% de boro (B), 0,2% de cobalto (Co), 1,0% de ferro (Fe), 0,8% de molibdênio (Mo) e 1,5% de zinco (Zn). O produto fornece aminoácidos de base fenólica e proteínas solúveis que ativam o metabolismo da planta, auxiliam na síntese de hormônios, na circulação da seiva e no transporte de nutrientes (RSA, 2006).

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 1999), apresentou textura média e as seguintes características químicas: argila = 400 g kg<sup>-1</sup>; silte = 140 g kg<sup>-1</sup>;

areia = 460 g kg<sup>-1</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5.4; saturação por bases de 58%; CTC = 5.5 cmolc dm<sup>-3</sup>; MO = 0,5%; P (Mel.) = 1,9 mg dm<sup>-3</sup>; S = 2,8 mg dm<sup>-3</sup>; K = 96 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 0 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,9 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; H + Al = 2,70 cmolc dm<sup>-3</sup>; Co = 1,2 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 0,75 mg dm<sup>-3</sup>; B = 0,23 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 1,3 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 103,10 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 13,90 mg dm<sup>-3</sup>; Mo = 0,08 mg dm<sup>-3</sup>.

Para o preparo do solo, foram três gradagens; a primeira com grade intermediária a 0,2 m de profundidade e as demais com grade leve a 0,07 m de profundidade, para o nivelamento da área.

Em seguida, realizou-se a aplicação no sulco de plantio dos biofertilizantes e das doses de  $P_2O_5$  correspondentes a cada tratamento, usando superfosfato triplo como fonte. A adubação de semeadura foi complementada por 30 kg ha<sup>-1</sup> de N e 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e, em cobertura, no estágio fenológico V3 (três folhas totalmente expandidas), com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a lanço na linha de plantio usando ureia e cloreto de potássio como fontes, respectivamente. A semeadura ocorreu, manualmente, na primeira quinzena de novembro, visando a obter população de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> do híbrido simples GNZ 9626 VTPRO.

Os controles de doenças e de pragas foram realizados de forma preventiva. Por ocasião da colheita, 117 dias após a emergência das plântulas, foram colhidas amostras de 10 plantas na área útil de cada parcela para determinações de matéria seca de planta, de matéria seca de espiga, de número de fileiras de grãos por espiga, de massa de 100 grãos e de teores de P na planta e nos grãos. Para determinação das matérias secas da planta e da espiga, as amostras foram trituradas e, a seguir, foram subamostradas e secas em estufa com aeração forçada a 65 °C até atingir peso constante. O número médio de fileiras de grãos da es-

piga foi determinado por simples contagem. A determinação da altura da planta em metros foi realizada com régua e compreendeu a distância entre a região da superfície do solo e a inserção da folha +1. Simultaneamente, foi determinado o diâmetro de colmo em centímetros; para isso, considerou-se o diâmetro do segundo internódio a partir do colo da planta com uso de paquímetro.

Para determinação dos teores de P, utilizaram-se as mesmas plantas e espigas usadas nas determinações das matérias secas de plantas e de espigas. Neste caso, as amostras foram levadas para a estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 65 °C e moídas em moinho tipo Willey. O teor de P foi determinado pelo método colorimétrico do azul de molibdênio (fósforo solúvel em extrato obtido por digestão com  $H_2SO_4 + H_2O_2$ ), descrito em Malavolta et al. (1997).

A produtividade de grãos foi obtida a partir da debulha e da pesagem dos grãos oriundos de espigas colhidas de 20 plantas contíguas na área útil das parcelas. Para determinação do teor de água, foi utilizado o método da estufa a 105 °C  $\pm$  3 °C durante 24 h com base nas Regras para Análise de Sementes, sendo os

dados extrapolados para área de um hectare e corrigidos para 13% de teor de água (Regras..., 2009).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, ao teste de Tukey para médias dos tratamentos com e sem inoculação e regressão para as doses de  $P_2O_5$ , utilizando-se o programa de análise estatística SisVar v.4.2 (Ferreira, 2003).

## Resultados e Discussão

A altura e o diâmetro de colmo das plantas de milho não diferiram em função da utilização ou não dos inoculantes, independentemente da dose de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> usada (Tabela 1), mas a massa seca, na dose 80 kg de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>, foi maior com a inoculação. Isso provavelmente ocorreu em função da pouca influência do fósforo sobre tais variáveis. Os coeficientes de variação para todas as variáveis foram baixos, o que significa que não houve problemas na avaliação.

Verificou-se também que a massa seca de plantas apresentou ajuste linear em função das doses de fósforo (Figura 1a), aumentando de 9.266 para 10.089

**Tabela 1.** Altura, diâmetro e massa seca de plantas de milho submetidas a doses de fósforo, com\* ou sem\* a aplicação de inóculo de microrganismos rizosféricos.

Doses	Altura (m)		Diâmetro (cm)		M.S de plantas (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Sem*	Com*	Sem*	Com*	Sem*	Com*
0	2,2	2,1	1,9	1,9	9472,5	9302,2
20	2,2	2,2	1,9	1,8	9320,4	9278,1
40	2,2	2,2	2,1	1,9	9394,1	9679,0
80	2,3	2,2	1,8	1,9	9469,6 b	11287,2 a
160	2,2	2,3	2,1	2,0	10219,6	10490,4
CV (%)	5,15		9,93		4,71	

C.V. = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

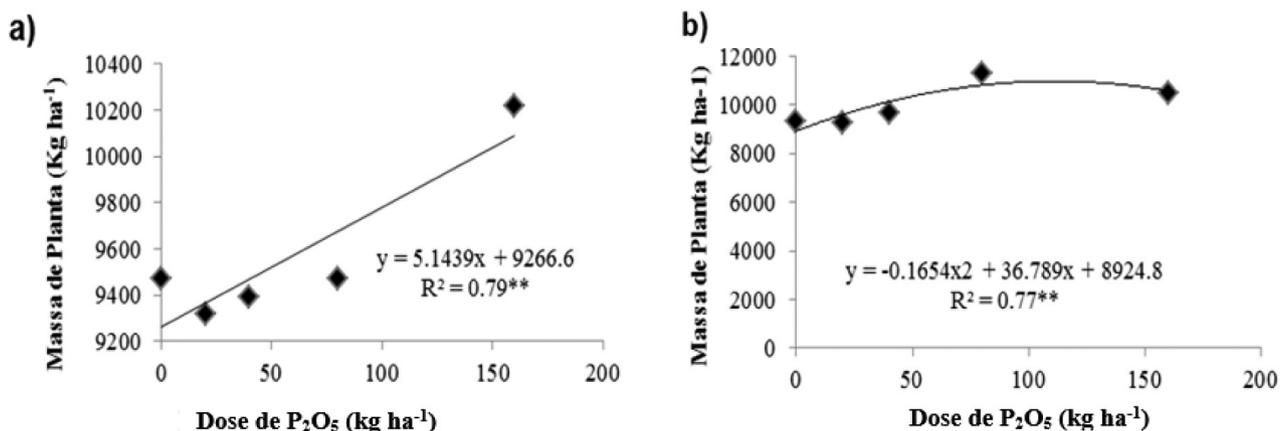
kg ha<sup>-1</sup> da dose 0 para a de 160 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Com o uso de inoculantes, a dose de 111,21 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> proporcionou a máxima produtividade estimada de 10.970,6 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca (Figura 1b). Esses dados demonstram que a inoculação potencializou o aproveitamento do fósforo aplicado via adubação e/ou das reservas existentes no solo, possibilitando a obtenção de maior quantidade de massa seca com menor dose de fósforo.

Narloch et al. (2002) também verificaram que as inoculações dos isolados MSF-044 e MSF-062 (*Penicillium* sp.), associadas à aplicação de doses mais baixas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (4,5 a 17,5 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), proporcionaram maior produção de matéria seca pelas plantas de rabanete em relação à testemunha. Estudos com milhos, em solo na casa de vegetação, inoculados com *Serratia marcescens* e com *Pseudomonas* sp., *Bacillus coagulans*, *Enterobacter asburiae* não mostraram maior crescimento das plantas em relação ao tratamento sem inoculação, empregando fosfato de rocha. Entretanto, em condições de campo, 96 dias após a emergência, foram observadas contribuições na produção da parte aérea, na produção de grãos e

no acúmulo de fósforo e de nitrogênio (Hameeda et al., 2008).

Por outro lado, Fernandez et al. (2007), avaliando a capacidade de promoção do crescimento de soja (*Glycine max* L. Merrill, cv. Nidera) por bactérias solubilizadoras de fosfatos (*Enterobacter* sp.; *Burkholderia* sp.; *Bradyrhizobium* sp.), observaram que estas favoreceram o crescimento da parte aérea, mas não aumentaram o conteúdo de fósforo nas plantas. Resultados divergentes também foram obtidos por Nahas et al. (1994), com a massa seca da cultura do milho, que não obteve efeito diferenciado pela inoculação do fungo *Aspergillus niger* no solo adicionado de apatita de Araxá.

O número de fileiras por espiga foi maior com a utilização de inoculantes apenas na dose de 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). A inoculação proporcionou maior número de grãos por fileira quando não se aplicou fósforo e também com 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Para as doses mais elevadas, o número de grãos por fileiras foi maior quando não se utilizaram os inóculos. A inoculação também foi benéfica ao peso de 1.000 grãos na dose de 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Assim, observa-



**Figura 1.** Massa seca de planta em função da adubação fosfatada a) na ausência da inoculação; e b) na presença da inoculação.

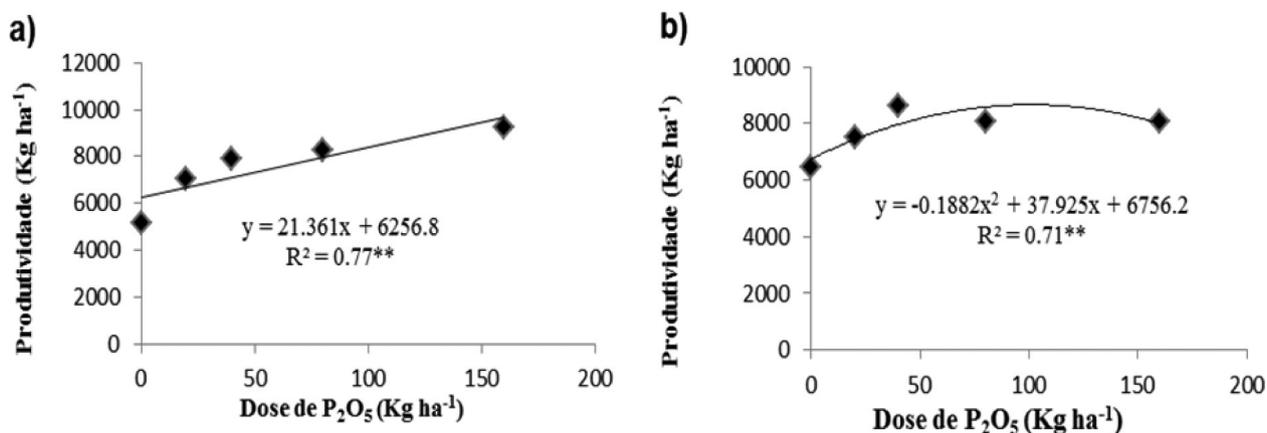
se que, para tais variáveis, os benefícios da inoculação se manifestaram principalmente em condições de baixa disponibilidade de fósforo. Isso pode ser atribuído à menor atividade dos microrganismos na solubilização quando há boa disponibilidade deste nutriente. Nahas et al. (1994) verificaram que a adição de superfosfato ao solo desfavoreceu significativamente as contagens do fungo *Aspergillus niger* (solubilizador de fosfato de rocha), numa proporção menor em que esse fertilizante foi adicionado na metade da dosagem.

Quanto ao peso de 1.000 grãos, estes apresentaram ajuste linear em função das doses de P, associadas ou não a inoculação, este último com ajuste significativo. Verificaram-se um incremento de 13,81 g de grãos para cada 100 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  aplicados e valor de 279,9 com a dose máxima sem a inoculação (Figura 2a). Com a inoculação, o incremento foi um pouco menor, de 9,92 g de grãos para cada 100 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  aplicados, porém o valor de 286,4 obtido com a dose máxima foi um pouco superior (Figura 2b); entretanto, o ajuste não foi significativo.

**Tabela 2.** Números de fileiras por espiga, de grãos por fileira e peso de 1.000 grãos de milho submetidos a doses de fósforo, \*com ou \*sem a aplicação de inóculo de microrganismos rizosféricos.

Doses	Nº de fileiras espiga <sup>-1</sup>		Nº de grão fileira <sup>-1</sup>		Peso de 1000 grãos (g)	
	Sem*	Com*	Sem*	Com*	Sem*	Com*
0	14,3	14,5	24,0	28,0	254,2	268,4
20	14,7	15,0	30,9	30,5	260,3 b	277,3 a
40	15,7	16,0	31,2 b	34,2 a	268,3	271,0
80	15,7 b	16,3 a	33,1 a	29,5 b	269,1	279,8
160	16,4	16,6	33,0 a	31,0 b	278,6	286,1
CV (%)	2,28		4,58		3,66	

C.V. = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 2.** Peso de 1.000 grãos em função da adubação fosfatada a) na ausência da inoculação; e b) na presença da inoculação.

Os teores de P na planta foram maiores com a inoculação apenas nas doses de 40 e 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e nos grãos com as doses de 80 e 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Isso demonstra um possível favorecimento à absorção de P pelas plantas quando a inoculação foi utilizada. Resultados diferentes foram obtidos por Nahas et al. (1994), com a inoculação do fungo *Aspergillus niger* no solo adubado com apatita de Araxá, cujos teores de P na planta foram inferiores à adubação com superfosfato triplo.

Araújo e Santos Júnior (2009) verificaram que os teores de fósforo na planta foram maiores no segundo cultivo, sugerindo o uso desta técnica para culturas perenes ou de ciclo longo. Assim, verifica-se uma influência do tempo sobre os resultados e a ausência de diferenças significativas normalmente é verificada em culturas de ciclo curto, principalmente em experimentos em vasos cujo período de condução normalmente não ultrapassa os 45 dias.

Para as doses de fósforo, verificou-se um aumento dos teores de P na massa seca das plantas, com ajuste linear significativo ( $y = 0.0034x + 0.983$  R<sup>2</sup> = 0,86\*\*), somente quando se utilizou a inoculação.

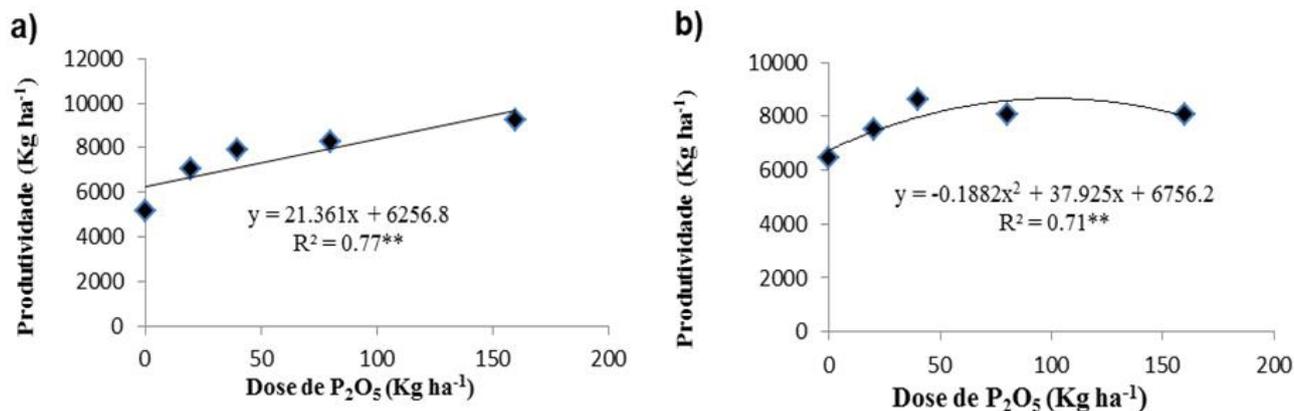
A produtividade da cultura, quando associada às menores doses, foi favorecida pela utilização dos inoculantes. Sem a adubação com fósforo, a produtividade foi de 5.173,8 kg ha<sup>-1</sup> sem a inoculação. Já com a utilização dos inoculantes, a produtividade foi de 6.455,8 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 24,8% superior. Com a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a produtividade de grãos também foi superior com a inoculação, 8.622,8 kg ha<sup>-1</sup> em relação aos 7.919,9 kg ha<sup>-1</sup> obtidos sem o uso dos inoculantes, porém o incremento em termos percentuais foi de apenas 8,9%. Na dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a produtividade foi maior quando não foi realizada a inoculação.

A resposta do milho em termos de produtividade foi significativa, com ajuste linear positivo sem a utilização dos inoculantes (Figura 3a), com média estimada de 9.674,56 kg ha<sup>-1</sup> de grãos com a dose estimada de 160 kg de N ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo e Santos Júnior (2009); esses autores verificaram que a aplicação de biofertilizante com microrganismos rizosféricos, mais a aplicação de 160 kg de P ha<sup>-1</sup>, proporcionaram melhores desempenho no acúmulo de fósforo e desenvolvimento do milho.

**Tabela 3.** Médias dos teores de fósforo (P) na planta e no grão em relação à produtividade total de grãos, com\* ou sem\* a aplicação de inóculo de microrganismos rizosféricos.

Doses	Na planta (g kg <sup>-1</sup> MS)		Nos grãos (g kg <sup>-1</sup> MS)		Prod. Total de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Sem*	Com*	Sem*	Com*	Sem*	Com*
0	0,40	0,43	0,88	0,92	5174	6456
20	0,46	0,32	1,21	1,18	7042	7526
40	0,36	0,40	1,23	1,11	7920	8623
80	0,39 b	0,61 a	0,94 b	1,16 a	8291	8059
160	0,61	0,44	1,02 b	1,55 a	9265 a	8095 b
CV (%)	29,5		13,27		4,71	

C.V. = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 3.** Produtividade total, em função da adubação fosfatada na a) ausência da inoculação; e b) presença da inoculação.

Com a inoculação, o ajuste foi quadrático, em que a dose de 100,8 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> proporcionou a máxima produtividade estimada de 8.666,5 kg ha<sup>-1</sup>. De acordo com Alvarez V. et al. (1999) e com base na análise do solo, recomendam-se 120 kg ha<sup>-1</sup> de P para uma expectativa de produtividade de 8.000 kg ha<sup>-1</sup>. Assim, com a inoculação, foi possível obter uma produtividade superior com uma dose menor, ratificando os resultados obtidos com os outros componentes da planta e da produção.

### Conclusões

Ocorreu efeito de doses em função da inoculação. Os benefícios da inoculação com microrganismos promotores de crescimento na massa seca da parte aérea, nos teores de P na planta e nos grãos do milho se manifestaram principalmente em condições de baixa disponibilidade, ou seja, nas menores doses de fósforo.

### Referências

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A. C.; SOUZA, R. B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Re-**

**comendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 67-78.

ALVES, V. M. C.; PARENTONI, S. N.; VASCONCELLOS, C. A.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, C. C. de M. Cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para eficiência a fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 85-92, 2002.

[DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v1n1p85-92.](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v1n1p85-92)

ARAÚJO, F. F.; SANTOS JÚNIOR, J. D. Desenvolvimento e nutrição de milho em solo degradado biofertilizado com fosfato natural, enxofre e *Acidithiobacillus*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 98-103, 2009.

CEREZINE, P. C.; NAHAS, E.; BANZATTO, D. A. Soluble phosphate accumulation by *Aspergillus niger* from fluorapatite. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 29, p. 501-505, 1988.

CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. P. Stimulation de La croissancedumaïs et de lalaitueromaine par desmicroorganismes dissolvantle phosphore inorganique. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 39, p. 941-947, 1993.

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos: décimo segundo levantamento: setembro 2013. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_10\\_16\\_14\\_32\\_01\\_boletim\\_portugues\\_-\\_setembro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2014.
- CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J.; SOUZA, S. K. de S.; SILVA, G. B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 218-224, 2008. [DOI: 10.5039/agraria.v3i3a243](https://doi.org/10.5039/agraria.v3i3a243).
- COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 229-235, 2009.
- DUARTE, G. M.; CERIBELI, M. G. A.; CARDOSO, A. M.; DORNELLES, M. S.; SOUCHIE, E. L. População de microrganismos solubilizadores de fosfato de cálcio na rizosfera de milho transgênico e crioulo, cultivados com solo de agroecossistemas em Urutaí, GO. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 3, p. 1-4, 2014.
- FANCELLI, L. A.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2008. 360 p.
- FERNANDEZ, L. A.; ZALBA, P.; GOMEZ, M. A.; SAGARDOY, M. A. Phosphate-solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse conditions. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 43, n. 6, p. 805-809, 2007.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.2**. Lavras: UFLA, 2003.
- GERRETSEN, F. C. The influence of microorganisms on the phosphate uptake by the plant. **Plant and Soil**, The Hague, v. 1, p. 51-81, 1948.
- GOLDSTEIN, A. H. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 1, p. 51-57, 1986.
- HAMEEDA, B.; HARINI, G.; RUPELA, O. P.; WANI, S. P.; REDDY, G. Growth promotion maize by phosphate-solubilizing bacteria of isolated from composts and macrofauna. **Microbiological Research**, Jena, v. 163, n. 2, p. 234-242, 2008. [DOI: 10.1016/j.micres.2006.05.009](https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.05.009).
- HOFFLAND, E.; FINDENEGG, G. R.; NELEMANS, J. A. Solubilization of rock phosphate by rape. I. Evaluation of the role of the nutrient uptake pattern. **Plant and Soil**, The Hague, v. 113, n. 2, p. 155-160, 1989.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MONTEIRO, P. H. R.; AUER, C. G. Avaliação do crescimento de mudas de Eucalyptus benthamii após uso do Bacsol. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. **A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola**: anais. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. 1 CD-ROM. Fertbio 2012.
- NAHAS, E.; FORNASIERI, D. J.; ASSIS, L. C. Resposta à inoculação de fungo solubilizador de fósforo em milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 463-469, 1994. [DOI: 10.1590/S0103-90161994000300014](https://doi.org/10.1590/S0103-90161994000300014).
- NARLOCH, C.; OLIVEIRA, V. L.; ANJOS, J. T.; SILVA FILHO, G. N. Respostas da cultura do rabanete à inoculação de fungos solubilizadores de fosfatos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 841-845, 2002. [DOI: 10.1590/S0100-204X2002000600013](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600013).
- RAMOS, M. L. G.; MENEGHIN, M. F. S.; PEDROSO, C.; GUIMARÃES, C. M.; KONRAD, M. L. de F. Efeito dos sistemas de manejo e plantio sobre a densidade de grupos funcionais de microrganismos, em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 58-68, 2012.
- REGRAS para análise de sementes. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 395 p.

- ROCHA, A. T.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO, M. R. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 178-184, 2005. DOI: [10.1590/S1415-43662005000200005](https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000200005).
- SILVA FILHO, G. N.; NARLOCH, C.; SCHARF, R. Solubilização de fosfatos naturais por microrganismos isolados de cultivos de *Pinus* e *Eucalyptus* de Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 847-854, 2002. DOI: [10.1590/S0100-204X2002000600014](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600014).
- SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Solubilização de fosfatos por microrganismos na presença de fontes de carbono. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 311-329, 2000. DOI: [10.1590/S0100-06832000000200008](https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000200008).
- SPERBER, J. I. The incidence of apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 9, n. 6, p. 778-781, 1958. DOI: [10.1071/AR9580778](https://doi.org/10.1071/AR9580778).
- STAMFORD, N. P.; SANTOS, P. R. dos; MOURA, A. M. M. F. de; SANTOS, C. E. de R. e S.; FREITAS, A. D. S. de. Biofertilizers with natural phosphate, sulfur and Acidithiobacillus in a soil with low available-P. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, p. 767-773, 2003. DOI: [10.1590/S0103-90162003000400024](https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000400024).
- STRAATEM, P. van. **Rocks for crops**: agrominerals of Sub-Saharan Africa. Nairobi: ICRAF, 2002. 338 p.
- USDA. United States Department of Agriculture. **World corn production, consumption, and stocks**. Washington, 2014. Disponível em: <<http://www.fasAisda.gov/psdonliue/psdRepoil.aspx?hidRepoilRetriCom+Production%2c+Consumption%&hidReportRetrievalI=59&evalTemplateID=7>>. Acesso em: 9 mar. 2015.
- WAHID, O. A. A.; MEHANA, T. A. Impact of phosphate-solubilizing fungi on the yield and phosphorus-uptake by wheat and fava bean plants. **Microbiological Research**, Jena, v. 155, n. 3, p. 221-227, 2000. DOI: [10.1016/S0944-5013\(00\)80036-1](https://doi.org/10.1016/S0944-5013(00)80036-1).
- WHITELAW, M. A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 69, p. 99-151, 2000. DOI: [10.1016/S0065-2113\(08\)60948-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60948-7).