

236

Circular
TécnicaSete Lagoas, MG
Dezembro, 2017**Autores**

Christiane Abreu de Oliveira Paiva
Eng.-Agrôn., D.Sc. em Biologia Vegetal,
Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo,
Rod. MG 424, km 45, 35701-970, Sete
Lagoas, MG, christiane.paiva@embrapa.br

Flávia Cristina dos Santos
Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de
Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e
Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa Postal:
285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG,
flavia.santos@embrapa.br

Ivanildo Evódio Marriel
Eng.-Agrôn., D.Sc. em Biologia Celular,
Pesquisador em Microbiologia da
Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG,
ivanildo.marriel@embrapa.br

Cássia Naiara Soares Almeida
Acadêmica de Engenharia Ambiental,
Centro Universitário de Sete Lagoas
(UNIFEMM) - Av Marechal Castelo Branco,
2765, Bairro Santo Antônio, CEP 35701-242
Sete Lagoas, MG,
cassianaiarasoes71@gmail.com

Eliane Aparecida Gomes
Bióloga, D.Sc. em Genética, Pesquisadora
em Microbiologia na Embrapa Milho e
Sorgo, Sete Lagoas, MG, eliane.a.gomes@
embrapa.br

Bianca Braz Mattos
Bióloga, M.Sc., em Microbiologia, Analista
na Embrapa Solos, R. Jardim Botânico,
1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ,
CEP 22460-000,
bianca.mattos@embrapa.br

Alexandre Martins Abdão dos Passos
Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitosanidade,
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo,
Rod. MG 424, km 45, Caixa Postal:
285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG,
alexandre.abdao@embrapa.com.br

Manoel Ricardo de Albuquerque Filho
Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de
Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e
Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa Postal:
285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG,
manoel.ricardo@embrapa.br

Paulo César Teixeira
Eng.-Agrôn., D.Sc. em Agronomia,
Pesquisador na Embrapa Solos, R.
Jardim Botânico, 1024 - Jardim Botânico,
Rio de Janeiro - RJ, CEP 22460-000,
paulo.c.teixeira@embrapa.br



Adução Fosfatada Organomineral com Pulverização de Inoculante contendo Microrganismos Solubilizadores

Introdução

A produção agropecuária nacional se concentra na região dos Cerrados, onde os solos são predominantemente ácidos, pobres em elementos químicos, com ênfase no fósforo (P) e com baixa capacidade de retenção de água (LOPES, 1984). Sabe-se que, para o manejo eficiente da fertilidade do solo e nutrição das plantas, o conhecimento das relações envolvidas no sistema solo-planta é fundamental. Considerando-se os conceitos de fonte e dreno estabelecidos na Fisiologia Vegetal e transferidos para a Fertilidade do Solo (NOVAIS et al., 2007), os solos de Cerrado se comportam como solos dreno em relação ao P, principalmente os mais argilosos. Essa característica é favorecida pelo alto grau de intemperismo desses solos, onde predominam minerais de argila 1:1 e óxidos de ferro e alumínio. Esses minerais possuem elevada capacidade de adsorção de P, podendo alcançar mais de 2 mg cm^{-3} (KER, 1995), que equivalem a 4.000 kg ha^{-1} de P na camada de 0-20 cm. Nessas condições, haverá competição entre a planta (dreno) e o solo (também dreno), o que implica baixa taxa de recuperação pelas plantas do P aplicado ao solo via fertilizantes fosfatados solúveis (menor que 20%) (CARVALHO et al., 2006), e, conseqüentemente, necessidade de aplicação de altas doses destes fertilizantes para atender à demanda das culturas.

As fontes de P podem ser divididas em solúveis, pouco solúveis e insolúveis, sendo que as primeiras, quando adicionadas ao solo, aumentam rapidamente a sua concentração na solução, mas têm sua eficiência diminuída ao longo do tempo, por causa dos processos de adsorção ou fixação que ocorrem na maioria dos solos brasileiros (NOVAIS; SMYTH, 1999). Já os fosfatos naturais, fontes pouco solúveis em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade do P para as plantas ao longo do tempo.

Os principais insumos disponíveis são os fosfatos solúveis, e o mercado nacional não supre toda a necessidade destes fertilizantes, sendo preciso importar grande parte deste adubo (cerca de 50%) (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2010; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2013).

Diante dessas questões, vem-se buscando alternativas para as adubações fosfatadas, destacando-se a utilização de fosfatos naturais, que, apesar de apresentarem baixa solubilidade, podem ter a biodisponibilidade do nutriente para as plantas incrementada na presença de microrganismos solubilizadores de P (BOJINOVA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009). Além disso, os aumentos de preços dos fertilizantes fosfatados solúveis, a incorporação de novas áreas à

agricultura brasileira e a baixa disponibilidade de P desses solos associados à existência de grandes jazidas de fosfatos naturais em diversas regiões do País têm feito com que a utilização desses fosfatos in natura seja um atrativo para a prática agrícola nacional (OLIVEIRA et al., 1984; NOVAIS et al., 2007). Entretanto, estes minerais apresentam baixa ou lenta taxa de liberação de P, o que pode limitar seu uso para as plantas, em particular, as de ciclo anual, pois a eficiência desses fosfatos se manifesta após período de tempo mais longo (GOEDERT, 1983).

Entre as alternativas para amenizar essa limitação, pode-se explorar a utilização de microrganismos solubilizadores de P, que possam aumentar a eficiência dos fosfatos nos solos (GADD, 1999; WITHELAW, 2000). Este fato tem despertado a atenção da pesquisa para seu uso como bioinoculante comercial ou no manejo de suas populações, visando maximizar a utilização do P existente no solo ou do adicionado via utilização de fertilizante (CHABOT et al., 1996; SILVA FILHO; VIDOR, 2001; ALBERTO et al., 2008).

Os microrganismos do solo podem atuar diretamente na dissolução do fósforo ou pela liberação de fosfatos solúveis através de sua ação quelante sobre os cátions (CEREZINE et al., 1988). Essa capacidade foi comprovada em diversos estudos (NAHAS et al., 1990, 1994; RICHARDSON, 2001; OLIVEIRA et al., 2009) que propiciaram o desenvolvimento de programas de inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfatos, com resultados favoráveis (YOUNG, 1990).

Além disso, os microrganismos podem favorecer a capacidade de absorção de P das plantas por meio de vários outros mecanismos, como incremento da área superficial das raízes pela extensão do sistema radicular (associações micorrízicas) ou pela promoção do crescimento de raízes laterais e pelos radiculares (promoção de crescimento

por fito-hormônios), deslocamento do equilíbrio de adsorção, o que resulta na transferência de íons fosfato para a solução do solo ou incrementa a mobilidade de formas orgânicas de P, e estímulos de processos metabólicos que são efetivos na solubilização e mineralização do P a partir de formas pouco disponíveis de P inorgânico e orgânico. Esses processos incluem a excreção de íons hidrogênio, liberação de ácidos orgânicos, produção de sideróforos e a produção de enzimas fosfatases que são capazes de hidrolizar o P orgânico (MENDES; REIS JÚNIOR, 2003).

A equipe de Microbiologia e Fertilidade do Solo da Embrapa Milho e Sorgo e da Embrapa Solos vem desenvolvendo pesquisas nesta linha de utilização de fosfatos naturais associados a microrganismos solubilizadores de P, buscando aumentar a eficiência no uso dos insumos. Inicialmente, foi priorizada a granulação do fertilizante organomineral juntamente com os microrganismos solubilizadores, no entanto, esta operação exige uma adaptação do processo produtivo do fertilizante, demandando custos adicionais, incluindo mão de obra. Portanto, neste trabalho foi dada ênfase à utilização da mistura simples dos resíduos orgânicos e pó de rocha fosfatada aplicada no sulco de plantio e posterior pulverização de solução contendo os microrganismos solubilizadores de P sobre a mistura. Como há disponibilidade no mercado de maquinário para esta operação, não seria necessário desenvolver um novo processo produtivo dos fertilizantes, havendo uma maior eficiência de aplicação dos insumos.

Assim, para validar esta prática de pulverização dos microrganismos no sulco de plantio, foram realizados experimentos em casa de vegetação com a cultura do milheto, por dois cultivos sucessivos, e em campo com a cultura do milho, por duas safras.

Resultados Experimentais com Adubação de Organomineral Associado a Microrganismos Solubilizadores de P

Experimentos em Casa de Vegetação

Foram conduzidos experimentos em casa de vegetação na Embrapa Milho e Sorgo por dois cultivos sucessivos com a cultura do milho (BRS 1501), utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 10 tratamentos e quatro repetições. Cada tratamento foi constituído do tipo de adubação: controle sem adubação com P, adubação com organomineral nas doses de 30, 60 e 90 g vaso⁻¹ de P₂O₅ (vasos com 4 kg de solo, P disponível de 2,2 mg dm⁻³ antes da aplicação dos tratamentos) e adubação com organomineral contendo microrganismos solubilizadores de P com pré-inoculação ou pulverização dos microrganismos no sulco de plantio, de acordo com as doses do fertilizante organomineral. A fonte de P utilizada foi o Fosfato de Araxá, que foi misturado ao fertilizante organomineral composto por cama de frango + esterco bovino + cana picada, proveniente de processo de compostagem.

Para a pré-inoculação do fertilizante organomineral e inoculação no sulco de plantio, foram utilizados inoculantes contendo a mistura de dois isolados de bactérias solubilizadoras de P do gênero *Bacillus*, e uma bactéria solubilizadora de fósforo e potássio do gênero *Bulkholderia* sp. Estes microrganismos pertencem à Coleção de Microrganismos Multifuncionais da Embrapa Milho e Sorgo e foram selecionados em experimentos anteriores como eficientes na biossolubilização (OLIVEIRA et al., 2013; SILVA et al., 2015).

Para preparo do inoculante, os microrganismos foram reativados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA: batata (200 g L⁻¹), dextrose (20 g L⁻¹) e ágar (15 g L⁻¹), utilizando-se o método de

estrias para obtenção de colônia pura dos isolados. Posteriormente, cada estirpe foi transferida para cultivo em caldo de soja trip-caseína e incubada na temperatura de 29 °C, sob agitação de 350 rpm. Após 72h de crescimento, os inóculos foram centrifugados por 10 minutos, a 6.000 g. As suspensões microbianas, ressuspendidas em solução salina [0,85% (m/v) NaCl], foram ajustadas para a absorbância igual ou superior a 1, em comprimento de onda igual a 550 nm, correspondente a concentração de 10⁹ células mL⁻¹ para obtenção de uma concentração final de 10⁸ células g⁻¹ de fertilizante organomineral.

Para os tratamentos pré-inoculados, o inoculante foi aplicado na forma líquida, sendo distribuído sobre o adubo organomineral na leira quando este estava em processo de compostagem. Nos tratamentos pulverizados, o inoculante foi aplicado na forma líquida, sendo pulverizado sobre o organomineral durante a adubação no sulco de plantio realizado no vaso em casa de vegetação. Fotos ilustrativas da forma de aplicação dos insumos são apresentadas na Figura 1.

Aos trinta dias antes do plantio, foi realizada a correção da acidez do solo para se atingir saturação por bases de 70%. Além disso, à exceção do P, o solo foi corrigido com reagentes p.a., fontes dos demais macronutrientes, bem como dos micronutrientes.

Foram cultivadas 10-12 plantas de milho por vaso, em dois cultivos sucessivos. Aos 50 dias após a germinação, na fase de pré-florescimento, cortou-se a parte aérea das plantas para a determinação da massa seca por vaso, sendo o material colocado em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura de 65 °C até atingir massa constante. Após serem moídas em moinho tipo Wiley, foram realizadas as análises químicas das plantas de milho para determinação dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea

(DONAGEMA et al., 2011). Posteriormente, calculou-se a extração destes nutrientes pela parte aérea e raiz das plantas em cada tratamento pelo produto da massa seca e teores de N, P e K. Foram coletadas também amostras de solo para determinação da disponibilidade de P pelo extrator Olsen (OLSEN, 1954). Após estas amostragens foi feito novo plantio do milho, realizando-se apenas a adubação de cobertura com nitrogênio, e aos 50 dias após a germinação foram realizadas as mesmas amostragens de planta e solo do primeiro cultivo, adicionando-se também a amostragem de raízes. Mais detalhes sobre a metodologia utilizada podem ser consultados em Almeida et al. (2016).

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que a inoculação de microrganismos solubilizadores de P distribuídos sobre o organomineral no sulco de plantio resultou em maior crescimento de massa seca da parte aérea das plantas de milho, principalmente no primeiro cultivo; enquanto a massa seca de raízes diferiu apenas entre o controle e os demais tratamentos com organominerais. A extração de nutrientes pela parte aérea do milho (Figura 2), bem como o teor de P disponível no solo (Figura 3), nos dois cultivos, foi maior nos tratamentos com distribuição do organomineral sobre os insumos no sulco de plantio, quando comparados com o controle e demais tratamentos com os organominerais. Esses resultados comprovam o potencial de utilização destes microrganismos em associação com rochas fosfatadas como alternativa ao uso de fertilizantes convencionais, bem como inoculação dos microrganismos no sulco de plantio.

**(A)****(B)**

Figura 1. Modo de aplicação dos fertilizantes no sulco de plantio em vasos (A) e inoculante sendo distribuído sobre o organomineral (B). Fotos Christiane Paiva.

Tabela 1. Produtividade de massa seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) em função dos tratamentos controle (sem adubação com P), organominerais nas doses de 30, 60 e 90 g vaso⁻¹ (Org. 30, 60 e 90), organominerais em associação com microrganismos solubilizadores de P com pré-inoculação (Org. Pré-inoc.) e organominerais em associação com microrganismos solubilizadores de P pulverizados no sulco de plantio do milho (Org. Pulv.). Sete Lagoas, MG.

Tratamentos	MSPA 1º cultivo		MSPA 2º cultivo		MSPA Soma		MSR 2º cultivo*	
	g vaso ⁻¹		g vaso ⁻¹		g vaso ⁻¹		g vaso ⁻¹	
1 – Controle	0,59	a	0,94	a	1,53	a	0,15	a
2 – Org. 30	5,22	b	4,65	b	9,87	b	1,24	b
3 – Org. 60	7,36	b	7,42	c	14,78	c	1,35	b
4 – Org. 90	10,41	c	9,72	c	20,13	d	1,78	b
5 - Org. 30 Pré-inoc.	6,54	b	5,55	b	12,09	b	1,04	b
6 - Org. 60 Pré-inoc.	7,87	b	8,41	c	16,28	c	1,55	b
7 - Org. 90 Pré-inoc.	10,16	c	11,54	c	21,70	d	2,13	b
8 - Org. 30 Pulv.	25,06	d	9,34	c	34,41	d	1,77	b
9 - Org. 60 Pulv.	26,78	d	9,63	c	36,41	d	1,60	b
10 - Org. 90 Pulv.	28,92	d	12,13	c	41,05	d	2,00	b

Para cada variável e cultivo, médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$)

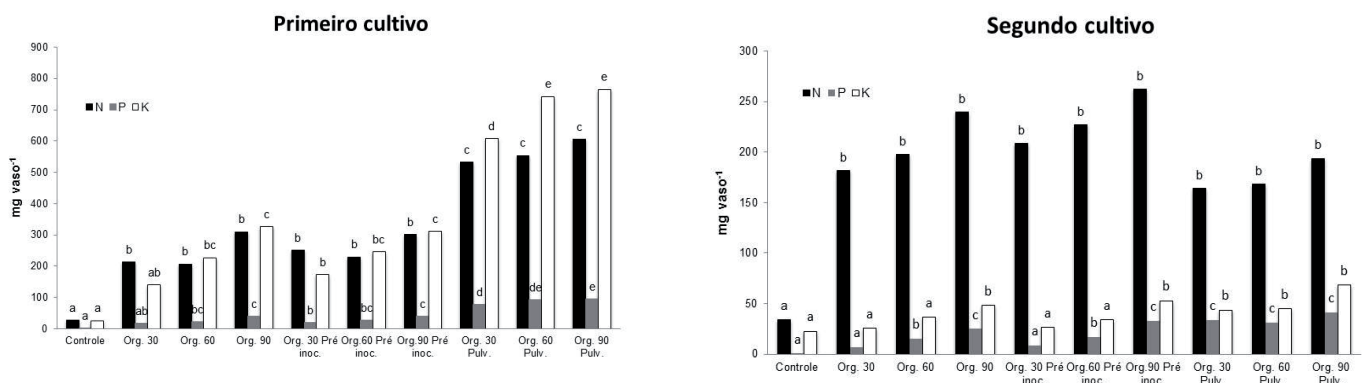


Figura 2. Extração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), em mg vaso⁻¹, na parte aérea do milho, em função dos tratamentos controle e com organomineral, em dois cultivos sucessivos. Identificação dos tratamentos de acordo com a Tabela 1.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

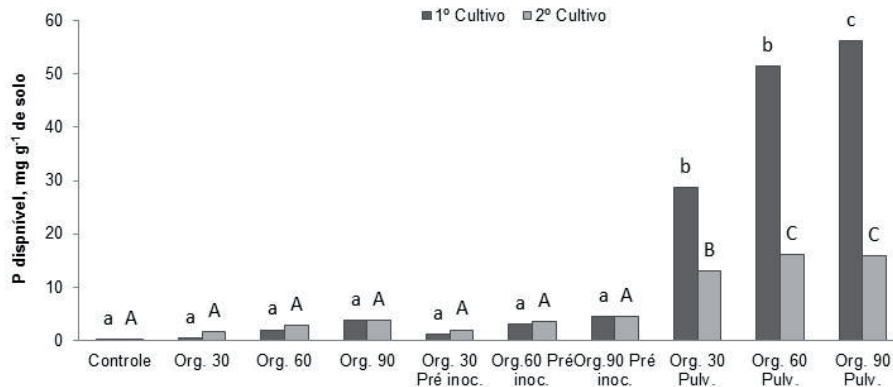


Figura 3. Fósforo disponível por Olsen, em mg g^{-1} de solo, em função dos tratamentos controle e com organomineral, em dois cultivos sucessivos. Identificação dos tratamentos de acordo com a Tabela 1.

Médias seguidas pela mestra letra, minúscula para o primeiro cultivo e maiúscula para o segundo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Experimentos de Campo

Os experimentos de campo foram conduzidos na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo nas safras 2015/2016 e 2016/2017 com a cultura do milho (P30F53), cultivado em solo argiloso com $4,4 \text{ mg dm}^{-3}$ de P disponível por Mehlich 1; 36 g kg^{-1} de matéria orgânica e $V = 55\%$ na camada de 0-20 cm de solo, antes da aplicação dos tratamentos. Foram aplicados quatro tratamentos com P: testemunha sem P (Test.), aplicação de organomineral (Rocha fosfatada Bayovar com 27 dag kg^{-1} de P_2O_5 total e $11,5 \text{ dag kg}^{-1}$ de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%) em mistura com cama de frango (teores de 4,5; 2,5 e $2,7 \text{ dag kg}^{-1}$ de N, P e K, respectivamente) associado a microrganismos solubilizadores de P (Org. + mic.), aplicação de organomineral apenas (Org.) e aplicação de superfosfato triplo (ST), todos os três tratamentos na dose de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Foi realizada a mistura do fertilizante Bayovar e cama de frango peneirada em malha de 2 mm na proporção de 50% cada um, sendo a quantidade de cada insumo calculada com base no Bayovar para se atingir a dose de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Em função dos resultados positivos obtidos no experimento de casa de vegetação, optou-se por aplicar essa mistura no sulco de plantio (Figura 4) e em seguida foi

realizada a pulverização dos microrganismos solubilizadores de P no tratamento assim definido (Figura 5).

A adubação com P foi realizada apenas na primeira safra, sendo que na segunda safra foi avaliado apenas o efeito residual. Em relação aos outros nutrientes, nas duas safras foram aplicados 285 kg ha^{-1} do formulado 20-00-20 no sulco de plantio, com 30 kg ha^{-1} de S (Elementar ou sulfato) e 50 kg ha^{-1} de FTE BR-12. Em cobertura, aos 25 dias após o plantio, foram aplicados 400 kg ha^{-1} do formulado 20-00-20.

O milho foi cultivado em espaçamento de 0,7 m entre linha e com população de 60.000 plantas ha^{-1} . As parcelas dos experimentos foram compostas por quatro linhas de cinco metros cada, sendo a parcela útil de duas linhas centrais de três metros de comprimento cada, eliminando-se um metro de bordadura de cada lado.



Figura 4. Aplicação do fertilizante organomineral (rocha fosfatada Bayovar e cama de frango) no sulco de plantio do milho. Foto: Flávia Santos



Figura 5. Pulverização do inoculante com microrganismos solubilizadores de P sobre o fertilizante organomineral no sulco de plantio. Foto: Flávia Santos

Nas colheitas do milho, foram avaliadas a produtividade de grãos de milho, a altura de plantas, o teor foliar de P no florescimento das plantas, a extração de P nos grãos por hectare e o teor de P disponível no solo pelo extrator Mehlich 3; este último com disponibilidade de resultados apenas da primeira safra.

Considerando a variável de maior interesse para o produtor rural, que é a produtividade de grãos de milho, percebe-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 2) e isso pode ser justificado pelo teor disponível adequado de P no solo ($4,4 \text{ mg dm}^{-3}$) (SOUSA; LOBATO, 2004).

Entretanto, houve uma tendência positiva da adubação organomineral em associação

com microrganismos solubilizadores de P, que produziu 1.339 kg ha^{-1} a mais, na primeira safra, em relação à testemunha sem P; 643 kg ha^{-1} em relação ao organomineral apenas (podendo atribuir essa diferença ao efeito dos microrganismos solubilizadores de P) e apenas 563 kg ha^{-1} a menos que a adubação tradicional com ST (Tabela 1). Na segunda safra, os dados seguiram a mesma tendência da primeira, sendo menores as diferenças numéricas entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade de grãos de milho (Prod. grãos), altura de plantas (Alt. Pl.), teor foliar de fósforo (PF), exportação de P nos grãos por hectare (PG) e teor disponível de P pelo extrator Mehlich 3 (PM3) em função dos tratamentos testemunha, sem adubação com P (Test.), adubação com organomineral associado a microrganismos solubilizadores de P (Org. + mic.), adubação com organomineral (Org.) e adubação com superfosfato triplo (ST), nas safras 2015/2016 e 2016/2017. Sete Lagoas, MG.

Trat	Prod. grãos	Alt. Pl.	PF	PG	PM3
Safra 2015/2016					
	kg ha ⁻¹	M	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	mg dm ⁻³
Test.	8.387 a	2,32 a	2,39 c	17,0 b	3,73 b
Org. + mic.	9.726 a	2,38 a	2,86 a	23,4 a	16,25 a
Org.	9.083 a	2,39 a	2,67 b	20,4 a	9,69 b
ST	10.289 a	2,41 a	2,69 b	22,2 a	20,34 a
Safra 2016/2017					
Test.	6.622 a	2.35 a	2,98 a	9,29 a	*
Org. + mic.	6.871 a	2.31 a	3,30 a	10,40 a	
Org.	6.762 a	2.34 a	3,31 a	9,72 a	
ST	7.301 a	2,42 a	3,44 a	10,91 a	

Para cada variável e safra de condução dos experimentos, médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F ($P < 0.05$). * Dados em análise laboratorial.

A altura de plantas não diferiu entre os tratamentos, havendo uma superioridade numérica nos tratamentos com o ST (Tabela 2).

No entanto, o teor foliar de P, na primeira safra, foi maior no tratamento com organomineral associado com microrganismos solubilizadores de P, evidenciando uma melhor nutrição da planta com este tratamento.

Esse efeito pode ser justificado pela melhor disponibilização de P ao longo do ciclo da cultura proporcionada pelos benefícios da fonte organomineral, como aumento da capacidade de troca catiônica, presença de outros nutrientes associados, comprovada melhoria no teor de matéria orgânica que, conseqüentemente, beneficia os atributos físicos do solo, aumento da capacidade de retenção de água (MALAQUIAS; SANTOS, 2017).

Aliado aos benefícios da fonte organomineral, a presença de microrganismos solubilizadores de P resultou em aumento da disponibilidade de P para uso pelas plantas. Este efeito positivo pode ser comprovado também pelo teor disponível de P no solo, que foi maior no organomineral associado aos microrganismos em relação aos tratamentos testemunha e organomineral e igual ao tratamento com ST (Tabela 2).

Conclusões e Recomendações

Os resultados obtidos com as pesquisas em casa de vegetação e campo comprovam a viabilidade técnica da pulverização do inoculante no sulco de plantio na utilização de fontes alternativas de fertilizantes organominerais. Portanto, recomenda-se esta prática, que além dos bons resultados obtidos com a cultura do milho e do milho é uma forma viável de aplicação no campo, podendo

ser utilizada em pequena, média e larga escala.

Novas pesquisas com outros organominerais e microrganismos poderão incrementar ainda mais os bons resultados já obtidos.

Agradecimentos

À Embrapa pelo financiamento das pesquisas.

Referências

- ALBERTO, P. S.; CABRAL, J. S. R.; OLIVEIRA, R. P.; SOUCHIE, E. L.; SILVA, F. G. Levantamento qualitativo e quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfato em plantas de cagaíta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória. **Frutas para todos: estratégias, tecnologias e visão sustentável: anais.** Vitória: INCAPER: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, C. N. S.; SANTOS, F. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; FREITAS, A.; PAIVA, C. A. O. **Adução organomineral em associação com microrganismos solubilizadores de P no milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 147).
- BOJINOVA, D.; VELKOVA, R.; IVANOVA, R. Solubilization of Morocco phosphorite by *Aspergillus niger*. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, p. 7348-7353, 2008.
- CARVALHO, F.T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; BAHIA FILHO, A. F. C. Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de NPK pra a cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 53, n. 306, p. 211-223, 2006.

CEREZINE, P. C.; NAHAS, E.; BANZATTO, D. A. Soluble phosphate accumulation by *Aspergillus niger* from fluorapatite. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 29, n. 5, p. 501-505, 1988.

CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. P. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar. Phaseoli. **Plant and Soil**, The Hague, v. 184, n. 32, p. 311-321, 1996.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

GADD, G. Fungal production of citric and oxalic acid: importance of metal specification, physiology and biochemical processes. **Advances in Microbial Physiology**, London, v. 41, p. 47-92, 1999.

GOEDERT, W. J. Efeito residual de fosfatos naturais em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 5, p. 499-506, maio 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 5. ed. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001150.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

KER, J. C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**. 1995. 181 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

LOPES, A. S. **Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162 p.

MALAUQUIAS, C. A. A.; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). **PUBVET Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 11, p. 501-512, 2017.

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 85).

NAHAS, E.; BANZATTO, D. A.; ASSIS, L. C. Fluorapatite solubilization by *Aspergillus niger* in vinasse medium. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 22, n. 8, p. 1097-1101, 1990.

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.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, C. A.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SCOTTI, M. R.; 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.

OLIVEIRA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; MATTOS, B. B.; SANTOS, F. C.; OLIVEIRA M. C.; ALVES, V. M. C. **Metodologia de aplicação de microrganismos solubilizadores de fósforo**

em sementes visando melhor aproveitamento deste nutriente pelas plantas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 88).

OLIVEIRA, E. L.; MUZILLI, O.; IGUE, K.; TORNERO, M. T. T. Avaliação da eficiência agronômica de fosfatos naturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 8, n. 1, p. 63-67, 1984.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; JORDÃO, L. T. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 143, p. 1-10, set. 2013.

OLSEN, R. R.; COLE, C. V.; WATANABE, F. S.; DEAN, L. A. **Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate.** Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 19 p. (USDA. Circular, 939).

RICHARDSON, A. E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 28, n. 9, p. 897-908, 2001.

SILVA, U. C.; MARRIEL, I. E.; PAIVA, C. A. de O.; GOMES, E. A.; RESENDE, A. V. de; LANA, U. G. de P. **Biossolubilização de potássio in vitro a partir da rocha fonolito por microrganismos do solo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e

Sorgo, 2015. 28 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 177).

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 12, p. 1495-1508, 2001.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, L. **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

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

YOUNG, C. C. Effects of phosphorus-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of tree species in subtropical-tropical soils. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 36, n. 2, p. 225-231, 1990.

Literatura Recomendada

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.

NYE, P. H.; KIRK, G. J. D. The mechanism of rock phosphate solubilization in the rhizosphere. **Plant and Soil**, The Hague, v. 100, n. 1/3, p. 127-134, 1987.

Circular Técnica, 236

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
www.embrapa.br/fale-conosco
1ª edição
Versão Eletrônica (2017)

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê de publicações

Presidente: Presidente: Sidney Netto Parentoni.
Secretário-Executivo: *Elena Charlotte Landau.*
Membros: *Antonio Cláudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda de Castro.*

Expediente

Revisão de texto: *Antonio Cláudio da Silva Barros.*
Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro.*
Tratamento das ilustrações: *Tânia Mara A. Barbosa.*
Editoração eletrônica: *Tânia Mara A. Barbosa.*