



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Biomassa de milho em resposta à adubação com rochas fosfatadas associadas a microrganismos solubilizadores

Flávia Cristina dos Santos⁽¹⁾; Christiane Abreu de Oliveira⁽¹⁾; Eliane Aparecida Gomes⁽¹⁾; José Carlos Polidoro⁽²⁾; Ivanildo Evódio Marriel⁽¹⁾; Talita Camargos Gomes⁽³⁾; Ubiana de Cássia Silva⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, Km 45, Sete Lagoas, MG, CEP 35701-970, CP 285, fsantos@cnpmc.embrapa.br; christiane.paiva@cnpmc.embrapa.br; eliane@cnpmc.embrapa.br; imarriel@cnpmc.embrapa.br; ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000, polidoro@cnpmc.embrapa.br; ⁽³⁾ Estudante de Agronomia, Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, Rod. MG 424, Km 47, Sete Lagoas, MG, CEP 35701-970, CP 56, tgcamargos@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾ Estudante de Mestrado, Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Viçosa, MG, CEP 36571-000, ubiana@yahoo.com.br

RESUMO – A associação de rochas fosfatadas com microrganismos solubilizadores surge como alternativa à utilização dos fertilizantes tradicionais. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade de biomassa de milho em resposta à adubação com rochas fosfatadas associadas a microrganismos solubilizadores. Foi instalado um experimento em casa de vegetação, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de um fatorial 2x2x5 + 2, sendo os fatores em estudo duas rochas fosfatadas (Itafós e Bayovar), com e sem fonte orgânica (cama de frango), cinco tratamentos relacionados à utilização de microrganismos solubilizadores de P (1- fungo – F14, bactérias – 2- B32 e 3- B70, 4- B70+B32 e 5- sem microrganismos) e dois tratamentos adicionais: testemunha sem P e adubação com superfosfato triplo. Foi avaliada a produtividade de matéria verde e seca da parte aérea do milho, aos 45 dias após o plantio, de três cultivos sucessivos, bem como a soma desses cultivos. A produtividade da biomassa de milho foi maior na presença da fonte orgânica e, de forma geral, para a rocha Bayovar, com ou sem a fonte orgânica. Considerando o fator microrganismo, houve maior produtividade de biomassa do primeiro cultivo para o tratamento B70+B32 em relação ao tratamento sem microrganismos. Para o terceiro cultivo não se verificou diferença entre a maioria dos tratamentos com microrganismos e sem. Enquanto a matéria seca total foi maior para a B70 em relação ao tratamento sem microrganismos. Para o segundo cultivo e matéria verde total não houve diferença entre as médias dos tratamentos avaliados.

Palavras-chave: fosfatos naturais, fertilização, biofertilizantes, biossolubilização, fertilizante alternativo

INTRODUÇÃO - A agropecuária brasileira tem sido destaque no cenário mundial pelas produções obtidas e pelo potencial de crescimento ainda existente. A fertilização das culturas assume grande importância nessa questão por ser um dos principais fatores envolvidos no

aumento de produtividade. No entanto, a dependência do Brasil de fontes externas de fertilizantes, com destaque para os fosfatados e potássicos, é um desafio que precisa ser superado.

Relacionado ao fósforo (P), os principais insumos disponíveis no mercado são os fosfatos solúveis, sendo que o processo industrial de sua produção apresenta fatores limitantes pela matéria-prima (recurso natural não renovável) e o enxofre, este quase que totalmente importado. Diante dessas questões, vem-se buscando alternativas para as adubações fosfatadas, destacando-se a utilização de fosfatos naturais. Segundo Nye e Kirk (1987), esta é uma opção economicamente importante, principalmente para países de economias emergentes, pelo seu menor custo, em relação às fontes solúveis. Além disso, os aumentos de preços dos fertilizantes fosfatados, a existência de grandes jazidas de fosfatos naturais em diversas regiões do País, a incorporação de novas áreas à agricultura e a baixa disponibilidade de P dos solos brasileiros, em geral, tem feito com que a utilização desses fosfatos seja um atrativo (Novais et al., 2007). Entretanto, estes minerais apresentam baixa e lenta 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.

Dentre 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).

Os microrganismos solubilizadores de fosfatos inorgânicos desempenham importante papel no suprimento de P às plantas e este fato tem despertado a atenção da pesquisa para seu uso comercial como forma de maximizar a utilização do P existente no solo ou do adicionado como fertilizante (Chabot et al., 1996; Silva Filho e Vidor, 2001; Alberto et al., 2008).

O processo de solubilização envolve a 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, os quais podem, assim, serem aproveitados pelas plantas (Cerezine et al., 1988).

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade da biomassa de milho em resposta à adubação com rochas fosfatadas associadas a microrganismos solubilizadores.

MATERIAL E MÉTODOS - O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG (-19°28'S e 44°15' W). Foram utilizados vasos de 5 kg de capacidade, preenchidos com 4 kg de solo, Latossolo Vermelho distroférico típico, com as seguintes características químicas e física, antes da aplicação dos insumos: pH H₂O = 5,2; Al = 0,4; Ca = 2,5; Mg = 0,2; T = 11,8 (cmol_c dm⁻³); P = 2,2; K = 30,3 (mg dm⁻³); V = 23,2 % e teor de argila = 74,0 dag kg⁻¹. A necessidade de calagem foi calculada para se atingir V = 70 %, com aplicação de reagente p.a. um mês antes da instalação do experimento.

Foi semeado o milho CMS 01, em três cultivos sucessivos, com o primeiro realizado em 04/09/11, o segundo em 24/10/11, e o terceiro em 19/12/11. Inicialmente foram semeadas 20 sementes por vaso, deixando-se ao final 10 plantas por vaso, após realização de dois desbastes. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de um fatorial 2x2x5 + 2, sendo os fatores em estudo duas rochas fosfatadas (Itafós e Bayovar), com e sem fonte orgânica (cama de frango), cinco tratamentos relacionados à utilização de microrganismos solubilizadores de P (1- fungo – F14, bactérias – 2- B32 e 3- B70, 4- B70+B32 e 5- sem microrganismos) e dois tratamentos adicionais: testemunha sem P e adubação com superfosfato triplo.

A dose de P aplicada foi de 200 mg dm⁻³, na forma granulada envolvendo a mistura das rochas fosfatadas inoculadas com microrganismos solubilizadores, com ou sem adição de cama de frango. Foi feita adubação com os demais macro e micronutrientes para atender à demanda do milho. Os insumos foram aplicados apenas no primeiro cultivo, com análise do efeito residual para os demais, à exceção do N, que teve sua dose aplicada em parcelamento de quatro vezes, nos três cultivos sucessivos. As doses dos fertilizantes p.a. foram calculadas para atender à demanda do milho.

A colheita dos três cultivos foi realizada aos 45 dias após a semeadura. As plantas foram cortadas rente ao solo. Foi avaliada a produtividade de matéria verde e seca da parte aérea das plantas de milho dos três cultivos sucessivos, bem como a soma desses cultivos.

Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova). As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey (p<0,05), utilizando-se o programa estatístico SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Observando a tabela 1 é possível verificar que houve efeito significativo (p<0,05) dos fatores fonte orgânica, rocha e interação fonte orgânica x rocha para todas as variáveis avaliadas. Houve efeito de microrganismo para as variáveis dos cultivos 1 e 3 e para a matéria seca total; bem como da interação fonte orgânica x microrganismo para matéria

verde e seca do primeiro cultivo (Tabela 1).

A presença da fonte orgânica resultou em valores maiores de biomassa de milho para todas as variáveis avaliadas. Já a rocha Itafós produziu maior quantidade de matéria verde e seca para o primeiro cultivo, enquanto os demais, incluindo a soma dos três cultivos, tiveram maior produtividade de matéria para a rocha Bayovar (Tabela 1).

Todos os tratamentos testados produziram mais que a testemunha sem P, bem como os maiores valores de produtividade de biomassa do milho foram obtidos com a adubação utilizando o superfosfato triplo (Tabela 1).

Considerando os desdobramentos das interações (dados não apresentados), de forma geral, para a interação F.O. x R obteve-se maior produtividade de biomassa de milho na presença da fonte orgânica cama de frango para as duas rochas testadas. A produtividade de biomassa de milho foi maior com a rocha Bayovar, independente da presença ou não da fonte orgânica.

Para a interação F.O. x Mic a produtividade de biomassa de milho no primeiro cultivo não diferiu entre os microrganismos na ausência da fonte orgânica. Na presença de cama de frango, houve diferença apenas entre a testemunha sem microrganismos e o F14 em relação à B70+B32. De forma geral, a produtividade de biomassa foi maior na presença da fonte orgânica.

O teste de Tukey (p<0,05) para as variáveis que apresentaram significância na ANOVA para microrganismos (Tabela 1) está apresentado Tabela 2. Observa-se que houve maior produtividade de matéria verde e seca do primeiro cultivo quando da inoculação com as bactérias 70+32 em relação ao tratamento sem microrganismos. Vários estudos demonstram que o aumento no rendimento ou crescimento de plantas pode ser alcançado por meio da inoculação de microrganismos solubilizadores de P (Wahid & Mehana, 2000; Chuang et al., 2007; Yu et al., 2011). Para o terceiro cultivo não se verificou diferença entre a maioria dos tratamentos com microrganismos e sem. Enquanto a matéria seca total foi maior para a B70 em relação ao tratamento sem microrganismos. Nahas (1996) também encontrou estirpe bacteriana com elevada eficiência na solubilização para quatro diferentes tipos de fosfatos de rocha. Para o segundo cultivo e matéria verde total não houve diferença entre as médias dos tratamentos avaliados (dados não apresentados).

Experimentos semelhantes (Gomes et al., 2011 - dados não publicados) instalados com a cultura do milho em casa de vegetação da Embrapa Milho e Sorgo, e utilizando as bactérias B32 e B70 como inóculos aplicados diretamente nas sementes no momento do plantio, mostraram tendência de maior acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas (MSPA) no segundo cultivo em relação às plantas cultivadas somente com rochas puras, diferença que não foi observada no primeiro e no terceiro cultivos.

CONCLUSÕES – A associação de rochas fosfatadas com microrganismos solubilizadores testados neste estudo mostra-se como uma opção viável para aumentar a produtividade de biomassa de milho, indicando um aumento na eficiência de fosfatos naturais como fontes

alternativas de P. No entanto, há necessidade de mais investigações para confirmar tal técnica.

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 cagaita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20, Vitória-ES, 2008. **Anais...** Vitória, 2008, p.1-5
- CEREZINE, P.C.; NAHAS, E.; BANZATTO, D.A. Soluble phosphate accumulation by *Aspergillus niger* from fluorapatite. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 29:501-505, 1988.
- CHABOT, R.; ANTOUN, H.;CESCAS, M.P. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar. Phaseoli. **Plant and Soil**, 184:311-321, 1996.
- CHUANG C. C, KUO Y. L, CHAO C. C & CHAO W. L Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by *Aspergillus niger*. **Biol Fertility Soils** 43: 575-584, 2007.
- GADD, G. Fungal production of citric and oxalic acid: importance of metal specification, physiology and biochemical processes. **Advances Microbial Physiology**, 41:47-92, 1999.
- 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**, 113:155-160, 1989.
- NAHAS, E Factors determining rock phosphate solubilization by microorganisms isolated from soil. **World J Microbiol. Biotech.**12: 567-572, 1996.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550
- NYE, P.H.; KIRK, G.J.D. The mechanism of rock phosphate solubilization in the rhizosphere. **Plant and Soil**, 100:127-134, 1987.
- SILVA FILHO, G.N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesq. agropec. bras.**, 36:1495-1508, 2001.
- YU X, LIU X, ZHU T. H, LIU G. H, MAO C. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from walnut and their effect on growth and phosphorus mobilization. **Biol Fertil Soils** 47:437-446, 2011.
- WAHID OAA, MEHANA TA. Impact of phosphate-solubilizing fungi on the yield and phosphorus-uptake by wheat and faba bean plants. **Microbiol Res** 155:221-227, 2000.
- WITHELAW, M.A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. **Advances in Agronomy**, 69:99-151, 2000.

Tabela 1 – Produtividade de matéria verde e seca de milho do cultivo 1 (g vaso⁻¹) (MV1 e MS1), cultivo 2 (MV2 e MS2), cultivo 3 (MV3 e MS3) e soma dos três cultivos (MVT e MST) como variável da fonte orgânica (F.O.) – cama de frango (CF), Rocha (R) – Itafós (I) e Bayovar (B), microrganismo (Mic) – fungo 14 (F14), bactéria 70 (B70), bactéria 32 (B32), bactéria 70 + bactéria 32 (B70+B32) e sem microrganismo, testemunha sem adubação com P (0) e superfosfato triplo (ST); coeficiente de variação e Anova do fatorial.

F.O.	R	Mic	MV1	MS1	MV2	MS2	MV3	MS3	MVT	MST
						g vaso ⁻¹				
CF	I	F14	41,97	4,17	128,28	14,89	50,37	6,27	220,62	25,33
CF	I	B70	54,22	5,16	141,14	17,03	47,04	5,80	242,39	27,99
CF	I	B32	50,94	5,07	131,98	15,17	42,73	5,09	225,65	25,34
CF	I	B70+B32	56,55	5,69	150,99	20,72	47,93	5,79	255,46	32,20
CF	I		47,12	4,53	112,27	13,92	38,53	4,75	197,91	23,20
CF	B	F14	25,14	2,58	166,49	18,94	70,74	8,05	262,37	29,57
CF	B	B70	31,21	3,08	145,79	18,67	76,81	8,95	253,80	30,70
CF	B	B32	26,17	2,56	157,70	17,77	62,78	7,18	246,66	27,50
CF	B	B70+B32	34,59	3,51	135,63	18,41	55,84	6,34	226,06	28,25
CF	B		22,17	2,25	138,24	17,20	65,23	7,60	225,64	27,05
	I	F14	5,04	0,72	21,26	2,44	23,28	2,86	49,58	6,02
	I	B70	5,30	0,82	21,02	2,46	27,54	3,15	53,86	6,42
	I	B32	4,63	0,72	16,57	2,01	14,60	1,76	35,80	4,48
	I	B70+B32	5,44	0,83	30,97	3,47	30,32	3,52	66,72	7,81
	I		6,41	0,92	27,98	3,20	22,29	2,71	56,67	6,82
	B	F14	13,01	1,45	110,87	11,65	62,18	7,50	186,05	20,60
	B	B70	14,68	1,64	142,74	19,11	70,50	8,17	227,91	28,92
	B	B32	10,94	1,28	129,26	14,36	61,59	7,26	201,79	22,90
	B	B70+B32	14,17	1,59	114,89	12,98	68,42	7,93	197,48	22,50
	B		10,54	1,21	121,07	12,88	62,33	7,52	193,94	21,60
	0		2,86	0,49	6,90	1,06	4,10	0,45	13,86	1,99
	ST		176,65	19,08	115,24	13,71	26,84	2,99	318,73	35,78
C.V. %			23,51	21,46	20,43	23,34	19,35	19,40	14,41	15,65
F.V.		G.L.								
Rep		3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat		21								
Fatorial		19								
F.O.		1	***	***	***	***	***	***	***	***
R		1	***	***	***	***	***	***	***	***
Mic		4	**	**	ns	ns	*	*	ns	**
F.O.xR		1	***	***	***	***	***	***	***	***
F.O.xMic		4	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RxMic		4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F.O.xRxMic		4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Adicionais		1	***	***	***	***	***	***	***	***
Fatorial x adic		1	***	***	***	***	***	***	***	***
Erro		63								

***, ** e * Significativo a 0,1 %, 1 % e 5 %, respectivamente.

Tabela 2 – Teste de médias dos valores de produtividade de matéria verde e seca de milho do cultivo 1 (g vaso⁻¹) (MV1 e MS1), do cultivo 3 (MV3 e MS3) e soma da matéria seca dos três cultivos (MST) como variável dos tratamentos com microrganismos solubilizadores (Mic) – fungo 14 (F14), bactéria 70 (B70), bactéria 32 (B32), bactéria 70 + bactéria 32 (B70+B32) e sem inoculação com microrganismos (Sem inoc.).

Mic	MV1	Mic	MS1	Mic	MV3	Mic	MS3	Mic	MST
B70+B32	27,69 a	B70+B32	2,90 a	B70	55,47 a	B70	6,52 a	B70	23,51 a
B70	26,35 ab	B70	2,68 ab	F14	51,64 ab	F14	6,17 ab	B70+B32	22,69 ab
B32	23,17 ab	B32	2,41 ab	B70+B32	50,62 ab	B70+B32	5,89 ab	F14	20,38 ab
Sem inoc.	21,56 b	F14	2,23 b	Sem inoc.	47,09 ab	Sem inoc.	5,64 ab	B32	20,06 b
F14	21,29 b	Sem inoc.	2,22 b	B32	45,42 b	B32	5,32 b	Sem inoc.	19,67 b

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste Tukey a 5 %.