

Patrícia M. Moura¹

Newton P. Stamford¹

Luíza H. Duenhas²

Carolina E. R. S. Santos¹

Glauber H. de S. Nunes³

Eficiência de biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* em melão, no Vale do São Francisco

RESUMO

Biofertilizantes de rochas fosfatada (RP) e potássica (RK), com enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* (S+Ac) foram comparados com o superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl) no melão, em um Argissolo do Vale do São Francisco. Usou-se o fatorial $3^2 + 3$, em blocos casualizados, com biofertilizante fosfatado (BP) e potássico (BK) nos níveis 50, 100 e 200% da recomendação para SFT e KCl. Tratamentos adicionais: a) (RP + RK + S-Ac); b) SFT + KCl, no nível recomendado, e c) controle sem P e K. Houve efeito da fertilização com P e K no peso médio de frutos, produtividade, e nutrientes nas folhas, sendo os melhores resultados com aplicação de SFT + KCl, RP + RK + S-Ac., e com biofertilizantes (BK) e (BP). Para P, K e Mg nas folhas, os melhores resultados ocorreram com BP₂₀₀ e RP + RK + S-Ac.. O SO_4^{4-} nas folhas foi mais elevado com biofertilizantes BK e mais reduzido no controle. Biomassa de folhas, brix, vitamina C, firmeza de polpa e ATT não responderam à fertilização com P e K. Os Biofertilizantes BP + BK + S + Ac., e as rochas RP + RK + S-Ac. mostraram potencial como alternativa aos fertilizantes minerais com P e K.

Palavras-chave: *Cucumis melo*, absorção de P e K, fertilização PK, oxidação do enxofre

Effectiveness of rock biofertilizers with sulfur and *Acidithiobacillus* on melon in the San Francisco Valley

ABSTRACT

Biofertilizers with phosphate rock (PR) and potash rock (KR) plus sulfur and *Acidithiobacillus* (S+Ac) were compared with triple superphosphate (TSP) and potassium chloride (KCl) fertilizers on melon in an Argisol of the San Francisco Valley. A factorial $3^2 + 3$ in randomized blocks design with phosphate biofertilizer (PB) and potassium biofertilizer (KB) applied in levels 50%, 100% and 200% based on recommendation to TSP and KCl. Additional treatments were: a) rocks (PR + KR + S-Ac), b) fertilizers (TSP + KCl) and c) control treatment (P_0K_0). Response of P and K fertilization on fruit weight, fruit yield, and nutrient in leaves were observed with best results obtained applying TSP + KCl, PR + KR + S-Ac and PB and KB. Total P, K and Mg in leaves showed best results when applied P biofertilizer in PB₂₀₀ and PR + KR + S-Ac. Uptake of SO_4^{4-} in leaves increased with BK biofertilizers and lowest results were obtained in the control treatment. No effects of PK fertilization were observed in biomass of leaves, brix, vitamin C, fruit texture and ATT. Biofertilizers BP and BK with S + Ac and P and K rocks with S-Ac may be used as alternative to P and K fertilizers.

Key words: *Cucumis melo*, P and K uptake, P and K fertilization, sulfur oxidation

¹ Departamento de Agronomia/UFRPE, CEP 52171-900, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil,

² CNpq, SEPN 509, Asa Norte, CEP 70750-501, Brasília, DF.

³ UFRSA, CEP 59603-180, Mossoró-RN, glauber@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo L.*) é uma planta anual herbácea com expressão econômica e social para o Brasil, em especial para a região Nordeste, destacando-se, como maiores produtores, os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco e Bahia, que contribuem com mais de 90% da produção nacional. O meloeiro se adapta melhor aos climas quentes e secos, requerendo irrigação para suprir sua demanda hídrica, de acordo com o estágio de desenvolvimento, principalmente na floração e na frutificação. A época de plantio mais favorável ao meloeiro no Vale do São Francisco, é de agosto a fevereiro podendo, no entanto, ser cultivado com irrigação durante todo o ano (Duenhas et al., 2004).

A aplicação de nutrientes é importante para o desenvolvimento e produção das culturas e os altos custos dos fertilizantes solúveis contribuem diretamente para reduzir o seu emprego por agricultores de baixa renda (Sanchez, 2002). Principalmente com relação ao fósforo e potássio, as fontes minerais não ocorrem na natureza em forma diretamente disponível para as plantas e, portanto, devem ser modificadas por processos físicos, químicos ou biológicos, para serem eficientes no fornecimento de nutrientes para as culturas (van Straaten, 2002).

As rochas fosfatadas, em particular as apatitas, são usadas como matérias-primas para a produção de fertilizantes fosfatados de alta solubilidade, como fontes de aplicação direta na agricultura, ou podem ser utilizadas para fabricação de biofertilizantes de rochas, (Stamford, et al. 2005). O termo biofertilizante ainda gera muitas controvérsias e vários pesquisadores consideram que fertilizantes são insumos produzidos de rochas, submetidas a tratamentos físicos e químicos, enquanto a concentração dos nutrientes, na forma solúvel, deve ser conhecida sobretudo com relação aos macronutrientes.

Um método químico bastante utilizado para melhorar a eficiência dos fosfatos naturais, é a sua acidificação parcial, mas, outro método que pode contribuir para aumentar a eficiência dessas rochas na disponibilização de nutrientes é a solubilização biológica produzida por alguns grupos de microrganismos (Nahas, et al. 1994; Whitelaw, 2000). Os microrganismos utilizados como solubilizadores podem propiciar a dissolução dos fosfatos insolúveis pela produção de ácidos inorgânicos ou orgânicos e/ou pela redução do pH, que pode liberar fosfato disponível (He et al., 1996). Stamford et al. (2004a; 2004b e 2005) utilizando fosfato (apatitas de diferentes origens) com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, produziram biofertilizantes fosfatados cuja atuação foi avaliada em leguminosas inoculadas com estirpes de rizóbios efetivas, em solos com baixo P disponível, e obtiveram excelentes resultados.

As bactérias mais significativas que realizam a oxidação do enxofre, pertencem ao gênero *Thiobacillus*, recentemente incluídas no novo gênero *Acidithiobacillus* (Kelly & Wood, 2000). As bactérias oxidantes do enxofre são de grande valia na reciclagem de elementos no solo enquanto algumas espécies são de reconhecida relevância na disponibilização de nutrientes de rochas (Stamford et al., 2006).

Os sais de potássio mais importantes em uso corrente na agricultura são o cloreto de potássio (contendo 60 a 62% de K_2O) e o sulfato de potássio (50 a 52% de K_2O). Quase toda a produção mundial de potássio é destinada à produção de fertilizantes, e o Brasil importa, atualmente, mais de 95% dos fertilizantes potássicos necessários para a fertilização de culturas economicamente importantes (Roberts, 2004).

Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar o potencial do uso de biofertilizantes produzidos de rochas contendo minerais com fósforo (apatita) e de rochas com potássio (biotita), com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, em comparação com fertilizantes minerais solúveis e com rochas fosfatadas e potássicas com adição de enxofre, sem inoculação com *Acidithiobacillus*, no melão irrigado cultivado em um Argissolo acinzentado, no Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em lote de produtor rural, localizado no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho – DISNC, em Petrolina, região semi-árida do Estado de Pernambuco, Brasil, com coordenadas em UTM: 24L0329749 e 8969241, altitude 400m. O clima regional é do tipo BSw^h, pela classificação de Köppen (Teixeira, 2001). O solo, usado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999a), foi caracterizado como um Argissolo Acinzentado textura arenosa média.

O experimento foi realizado no esquema fatorial $3^2 + 3$ tratamentos adicionais, no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Utilizaram-se duas fontes de biofertilizantes: 1) biofertilizante fosfatado (BP) e 2) biofertilizante potássico (BK), sendo cada fonte aplicada em 3 níveis ($kg\ ha^{-1}$), correspondentes a 50, 100 e 200% das quantidades recomendadas para SFT e KCl, de acordo com a análise do solo, para o cultivo do melão irrigado. Os tratamentos adicionais, foram: 1) controle sem aplicação de P e K (P_0K_0); 2) rocha fosfatada (RP) e rocha potássica (RK) com adição de enxofre e sem inoculação com *Acidithiobacillus* (S+Ac); e 3) fertilizantes minerais solúveis - superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl), aplicados de acordo com a recomendação para a cultura do melão irrigado (IPA, 1998).

Usou-se, na produção dos biofertilizantes, a rocha fosfatada (apatita de Irecê, Bahia) com 24 % de P_2O_5 total, e a rocha potássica denominada biotita (biotita xisto de Santa Luzia, Paraíba) com 10 % de K_2O total. A rocha com P (RP) e a rocha com K (RK) foram aplicadas nos níveis correspondentes ao dobro da quantidade calculada para o nível máximo dos biofertilizantes. Enxofre elementar foi adicionado na proporção equivalente a 100 kg de S por 1000 kg de rocha, inoculado com a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus* (Ac). A bactéria oxidante do enxofre foi cultivada em meio específico (El Tarabily et al., 2006), usando-se Erlenmeyers de 2000 mL, contendo 1000 mL de meio, colocados em agitação a 150 rpm, durante 5 dias, a 28 – 30 °C. A produção dos biofertilizantes de rochas foi realizada conforme a metodologia

descrita em Stamford et al. (2006). Realizaram-se as análises químicas dos biofertilizantes produzidos obedecendo-se a metodologia da EMBRAPA (1999b), e os resultados são apresentados na Tabela 1; enfim, as determinações foram realizadas com seis repetições, em amostras compostas, coletadas de cinco sacos cada um com biofertilizante.

Tabela 1. Determinação de fósforo e potássio, nos biofertilizantes com enxofre e *Acidithiobacillus* (+S+Ac), e nas rochas com P (RP) e com K (RK), mais enxofre sem *Acidithiobacillus* (+S-Ac), usando diferentes extratores

Table 1. Phosphorus and potassium determination in biofertilizers with sulfur and *Acidithiobacillus* (+S+Ac), and in P (PR) and potash rocks (KR) plus sulfur without *Acidithiobacillus* (+S-Ac), using different extractors

Discrim.	Determin. de K			Determin. de P			
	Total	H ₂ O	Mehlich 1	Total	H ₂ O	Mehlich 1	CNA+ H ₂ O
	g kg ⁻¹						
Biofertilizante K (BK+S+Ac)	40,0	0,5	5,0	ND	ND	ND	ND
Biofertilizante P (BP+S+Ac)	ND	ND	ND	106	4,0	60,0	42,0
Rocha com RK+S (-Ac)	38,2	0,2	ND	ND	ND	ND	ND
Rocha com RP+S (-Ac)	ND	ND	ND	106	0,4	22,0	35,0

N.D. Não determinado

Realizaram-se na área destinada ao plantio, o desmatamento, seguindo-se aração, gradagem e abertura dos sulcos, e se coletaram amostras na camada de 0-20 cm; os resultados de alguns atributos químicos e físicos (EMBRAPA, 1997) são apresentados na Tabela 2. Em março de 2005 realizou-se a calagem utilizando-se calcário Itacal (PRNT 80%). No cálculo da quantidade de calcário lançou-se mão do método de saturação de bases, seguindo-se as recomendações de Souza & Lobato (2004), visando aumentar a saturação de bases para 80%.

Tabela 2. Atributos químicos e físicos do Argissolo, cujas amostras foram coletadas na profundidade de 0 - 20 cm (média de 6 repetições)

Table 2. Chemical and physical attributes of the Argisol, samples collected at a depth of 0-20 cm (mean of 6 replicates)

Atributo químico	Valor	Atributo físico	Valor
pH (H ₂ O- 1:2,5)	5,6	Areia (%)	90
MO (g kg ⁻¹)	12,3	Silte (%)	7
Condutividade elétrica (C.E. dS m ⁻¹)	0,15	Argila (%)	3
P (mg dm ⁻³)	4	Densidade Real (g cm ⁻³)	2,62
K (cmol _c dm ⁻³)	0,26	Densidade Aparente (g cm ⁻³)	1,66
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,3		
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,60		
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,02		
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,05		
H ⁺ + Al (cmol _c dm ⁻³)	1,65		
Soma de bases (SB) (cmol _c dm ⁻³)	2,18		
CTC (cmol _c dm ⁻³)	3,83		
Saturação de Bases (V %)	57		

Utilizaram-se para o plantio do melão, sementes da cultivar híbrida “AF-682” (Sakata). A irrigação foi realizada com base no método dos tensiômetros instalados no solo a 20 cm de profundidade e a 10cm dos emissores (gotejadores), obedecendo as recomendações de Sousa et al. (1999). A tensão da água no solo foi mantida próxima da capacidade de campo.

Oito dias após a emergência (DAE) realizou-se a fertilização com P e K, sendo que para os tratamentos com fertilizantes minerais, foram aplicados 40 kg.ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (KCl) e 160 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, como superfosfato triplo (SFT), seguindo-se a recomendação para a cultura do melão irrigado (IPA, 1998). As mesmas quantidades calculadas para os fertilizantes minerais foram usadas também para os biofertilizantes nos respectivos níveis (tratamentos), enquanto para as rochas se usou o dobro do calculado para os níveis máximos dos biofertilizantes.

O melão foi cultivado em sulcos com 10m de comprimento, no espaçamento de 2,0 m entre os sulcos e de 0,5 m entre plantas. Cada parcela com quatro fileiras de 10 m de comprimento e 8 m de largura, com área total de 80 m², se compunha de 80 plantas, e área útil com 36 m² (36 plantas), totalizando o experimento uma área global de 2880 m².

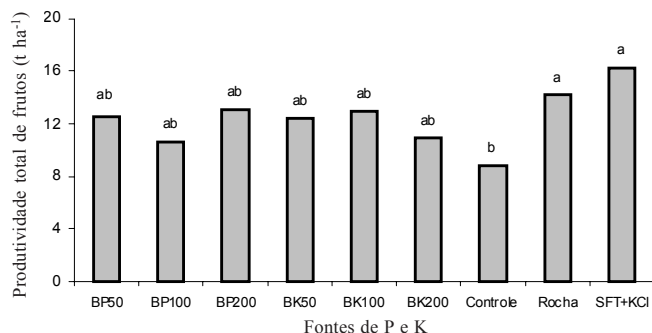
Após o transplante das mudas para o campo, foram feitas aplicações semanais de N (100 kg ha⁻¹), na forma de uréia e nitrato de cálcio, como adubação básica, com distribuição no ciclo da cultura, de acordo com a recomendação de Bar-Yosef (1999), através de fertirrigação por gotejamento.

A colheita foi realizada apenas com uma colheita de frutos, aos 70 dias após a emergência (DAE), quantificando-se a produtividade total; a produção de frutos foi calculada em kg ha⁻¹, determinando-se também o peso médio dos frutos (kg planta⁻¹); três frutos, selecionados ao acaso da área útil, foram conduzidos para análise de sólidos solúveis totais (SST), firmeza de polpa e acidez total titulável (ATT), de acordo com a AOAC (1992) e para análise de vitamina C, segundo Strohecker e Henning (1967). Determinaram-se, na parte aérea P, K, Ca, Mg e SO₄²⁻, de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1999b).

Na análise de variância se utilizou o Programa SAS, versão 8.0, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os tratamentos BP e BK foram aplicados em mistura (BP+BK); entretanto, como não houve diferença estatística em cada nível, consideraram-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao efeito dos tratamentos de fertilização na produtividade do meloeiro encontram-se na Figura 1. Verifica-se resposta positiva da fertilização com P e K, quando comparado com o tratamento controle (sem fertilização - P₀K₀). Entre os tratamentos de fertilização com fósforo



* Médias com a mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) = 20,06

Figura 1. Produtividade do meloeiro (cv. AF 682) cultivado em Argissolo do sub-médio São Francisco, Pernambuco, em função da aplicação de biofertilizantes com P e K mais enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, de fertilizantes minerais (SFT e KCl) e de rochas com fósforo e potássio com enxofre sem *Acidithiobacillus*

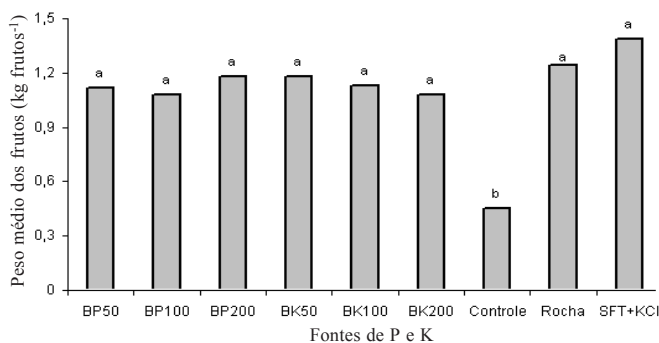
Figure 1. Yield of melon (cv. AF 682) grown in an Argisol of the sub-médio San Francisco, Pernambuco, in function of P and K biofertilizers application plus sulfur inoculated with *Acidithiobacillus*, mineral fertilizers (TSP and KCl) and phosphorus and potassium rocks with sulfur without *Acidithiobacillus*

e potássio não se notou diferença significativa; todavia, obtiveram-se os melhores resultados com a aplicação da mistura SFT+KCl e com a mistura de rochas (RP+RK).

O efeito satisfatório obtido com a mistura das rochas naturais com P e K, pode ter sido em função de que as rochas com P e K foram usadas com adição de enxofre elementar, sem inoculação com *Acidithiobacillus*, mas com níveis correspondentes ao dobro do nível máximo calculado para os biofertilizantes. Por outro lado, é provável que deve ter havido participação efetiva das bactérias oxidantes do enxofre nativas do solo, que contribuem na solubilização de P, como observado por Stamford et al. (2005), que verificaram resposta do enxofre revestindo a rocha fosfatada, com e sem inoculação com *Acidithiobacillus*, no desenvolvimento de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), embora obtendo melhores resultados quando feita a inoculação. Resultados similares relatam o efeito positivo da aplicação de enxofre no solo (Ramesh et al., 2005), em solos ácidos, neutros e alcalinos, e El Tarabily et al. (2006) com aplicação de enxofre em solos calcários da Arábia Saudita.

A produtividade obtida foi um pouco abaixo da esperada, tendo em vista que o cultivo foi em sequeiro e também em função de que, no período vegetativo, quando as plantas estavam com 20 a 30 dias de transplantadas, ocorreram fortes chuvas na região do Vale do São Francisco, promovendo incidência de ataque de pragas que, mesmo tendo sido tecnicamente controlados, causaram baixa na produção média dos frutos, com sérios prejuízos na produtividade do melão em toda a região.

Com relação ao peso médio dos frutos, os dados obtidos se encontram na Figura 2; observa-se que, da mesma forma verificada para a produtividade, houve efeito positivo da fertilização com P e K, comparando-se com o tratamento controle. Os tratamentos com aplicação de P e K não apresentaram diferença entre si; entretanto, constatou-se que, com a aplicação da mistura de fertilizantes minerais (KCl + SFT) e com



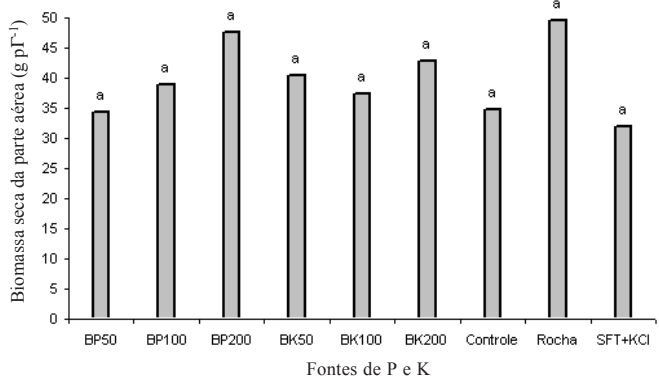
* Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) = 19,90

Figura 2. Peso de frutos do meloeiro (cv. AF 682) cultivado em Argissolo do sub-médio São Francisco, Pernambuco, em função da aplicação de biofertilizantes com P e K mais enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, de fertilizantes minerais (SFT e KCl) e de rochas com fósforo e potássio com enxofre sem *Acidithiobacillus*

Figure 2. Fruit weight of melon (cv. AF 682) grown in an Argisol of the sub-médio San Francisco, Pernambuco, in function of P and K biofertilizers application plus sulfur inoculated with *Acidithiobacillus*, mineral fertilizers (TSP and KCl) and phosphorus and potassium rocks with sulfur without *Acidithiobacillus*

as rochas (RP+RK) inoculadas com *Acidithiobacillus*, foram obtidos os melhores resultados. Duenhas (2004) em cultivo orgânico com aplicação de esterco, biofertilizantes orgânicos e substâncias húmicas (via fertirrigação), relatou peso médio de fruto de melão variando de 1,1 a 1,4 kg fruto⁻¹, valores similares aos obtidos no presente trabalho.

Para a biomassa seca da parte aérea, os dados obtidos estão apresentados na Figura 3; pode-se observar que não houve efeito dos tratamentos com aplicação de P e K, mesmo



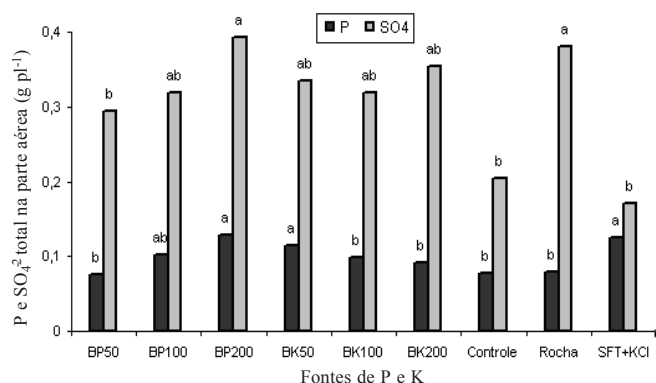
Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) = 17,73

Figura 3. Biomassa seca da parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) cultivado em Argissolo do sub-médio São Francisco, Pernambuco, em função da aplicação de biofertilizantes com P e K mais enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, de fertilizantes minerais (SFT e KCl) e de rochas com fósforo e potássio com enxofre sem *Acidithiobacillus*

Figure 3. Shoot dry biomass of melon (cv. AF 682) grown in an Argisol of the sub-médio San Francisco, Pernambuco, in function of P and K biofertilizers application plus sulfur inoculated with *Acidithiobacillus*, mineral fertilizers (TSP and KCl) and phosphorus and potassium rocks with sulfur without *Acidithiobacillus*

quando comparado com o controle (P_0K_0); entretanto, os melhores resultados foram obtidos com aplicação do biofertilizante com P, no maior nível (BP200) e com a mistura de rochas (RP+RK). Stamford et al. (2006), aplicando biofertilizantes com P e K, verificaram resposta na cana-de-açúcar, trabalhando em solo de tabuleiro da Zona da Mata de Pernambuco, inclusive com resultados superiores aos do tratamento com aplicação de fertilizantes minerais (SFT+KCl).

Com relação ao P total acumulado na parte aérea do melão os resultados obtidos se encontram na Figura 4. Observou-se diferença significativa em função da fertilização com P e K, comparando-se com o controle (P_0K_0). Além de efeito diferenciado entre os tratamentos com adição de P e K, cujos melhores resultados foram com aplicação da mistura de fertilizantes minerais e do biofertilizante com P no nível mais elevado (BP200). Resultados semelhantes foram obtidos por Stamford et al. (2004a, 2004b e 2005) comparando biofertilizantes fosfatados com fertilizantes minerais e rocha fosfatada natural, em Jacatupé, Caupi e Sabiá, respectivamente. Stamford et al. (2006) também verificaram efeito positivo de biofertilizantes com P e K, comparados com fertilizantes minerais (SFT+KCl) e com rochas fosfatadas e potássicas, na cultura da cana-de-açúcar, em solo de tabuleiro de Pernambuco, com baixo P e K disponível.



Médias com a mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) = 25,87

Figura 4. P e SO_4^{2-} total na biomassa seca da parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) cultivado em Argissolo Acinzentado do sub-médio São Francisco, Pernambuco, em função da aplicação de biofertilizantes com P e K mais enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, de fertilizantes minerais (SFT e KCl) e de rochas com fósforo e potássio com enxofre sem *Acidithiobacillus*

Figure 4. Total P and SO_4^{2-} in dry aerial biomass of melon (cv. AF 682) grown in an Argisol of the sub-médio San Francisco, Pernambuco, in function of P and K biofertilizers application plus sulfur inoculated with *Acidithiobacillus*, mineral fertilizers (TSP and KCl) and phosphorus and potassium rocks with sulfur without *Acidithiobacillus*

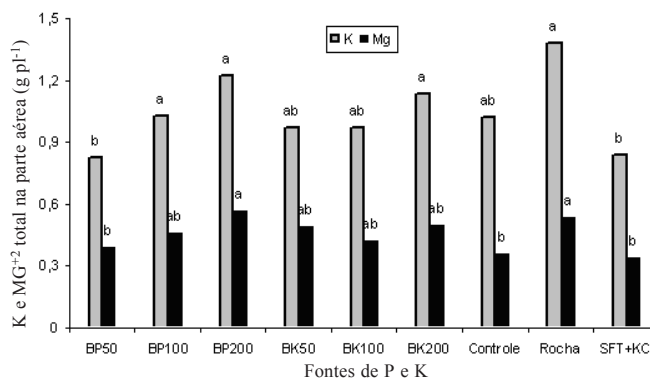
De acordo com Lombardi (1981) ocorreu efeito do fosfato Alvorada com adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* na acumulação de P total e no desenvolvimento do capim-colonião; ele verificou que as bactérias nativas do solo atuaram tão efetivamente quanto o tratamento com adição de *Acidithiobacillus*. Salienta-se que, na literatura são poucos os trabalhos relativos ao efeito da aplicação de biofertilizantes potássicos produzidos a partir de rochas.

Belfort (1985) encontrou valor médio para P total acumulado na parte aérea do melão (ramas e folhas) com média de 0,6 g planta⁻¹, no final do ciclo da cultura e, no presente trabalho, o maior valor para P total acumulado na parte aérea (ramas e folhas) foi 0,4 g planta⁻¹ devido, provavelmente, ao menor desenvolvimento das plantas nas condições climáticas atípicas no Vale do São Francisco, durante o período vegetativo da cultura.

Os resultados para S (SO_4^{2-}) estão na Figura 4, podendo-se observar efeito da fertilização com P e K, comparando-o com o tratamento controle, e também entre os tratamentos de fertilização. Verifica-se que os biofertilizantes (BP+BK +S+Ac), e a mistura de rochas (RP+RK+S-Ac) apresentaram maior quantidade de SO_4^{2-} na parte aérea do melão em função da produção de ácido sulfúrico produzido na reação enzimática através da oxidação do enxofre elementar, realizada pela bactéria.

Trabalhando com meloeiro Belfort (1985), observou concentração média de SO_4^{2-} 6,6 g kg⁻¹, mas no presente estudo a concentração de SO_4^{2-} nos tratamentos com biofertilizantes e com rochas variou de 8,7 a 7,6 g kg⁻¹ (Tabela 5) enquanto os tratamentos sem adição de enxofre (fertilizantes minerais e o controle) mostraram concentração média de 5,9 e 5,4 g kg⁻¹, respectivamente.

Para potássio e magnésio acumulados na parte aérea do melão os resultados estão apresentados na Figura 5. Para K total acumulado na parte aérea não se registrou resposta à fertilização com P e K, quando comparado com o controle; todavia, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos com a aplicação de P e K, em que os maiores valores foram obtidos com adição da mistura de rochas (RP+RK) e dos biofertilizantes com BP e BK, aplicados nos níveis mais elevados.



Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) = 23,54

Figura 5. K e Mg total na parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) cultivado em Argissolo Acinzentado do sub-médio São Francisco, Pernambuco, em função da aplicação de biofertilizantes com P e K mais enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, de fertilizantes minerais (SFT e KCl) e de rochas com fósforo e potássio com enxofre sem *Acidithiobacillus*

Figure 5. Total K and Mg in dry aerial biomass of melon (cv. AF 682) grown in an Argisol of the sub-médio San Francisco, Pernambuco, in function of P and K biofertilizers application plus sulfur inoculated with *Acidithiobacillus*, mineral fertilizers (TSP and KCl) and phosphorus and potassium rocks with sulfur without *Acidithiobacillus*

Com referência ao magnésio acumulado na parte aérea do meloeiro, houve efeito da fertilização em comparação com o tratamento controle (P_0K_0), e com a aplicação de BP50 e mistura com os fertilizantes minerais. Os melhores resultados foram encontrados com aplicação de biofertilizante com P (BP200) e com a mistura das rochas RP+RK; esses resultados podem ter sido devido à solubilização de magnésio contido nas rochas que, provavelmente, foi disponibilizado pela atuação da bactéria oxidante do enxofre promovendo, em consequência maior acumulação de magnésio na parte aérea do melão.

Belfort (1985) encontrou valores médios de 1,9 g planta⁻¹ para Mg acumulado na parte aérea do meloeiro, no final do ciclo da cultura. Neste trabalho os maiores resultados se situaram em torno de 0,6 g por planta. Da mesma forma que a relatada para P total, o fato deve ter ocorrido em virtude do pequeno desenvolvimento do melão.

Para os parâmetros biomassa de folhas, sólidos solúveis totais (brix), vitamina C, firmeza de polpa e acidez total titulável (ATT) não houve efeito significativo da fertilização com P e K (dados não apresentados).

CONCLUSÕES

Os fertilizantes minerais e a mistura de rochas mostraram melhor efeito na produtividade de frutos e no seu peso médio. O biofertilizante com P no maior nível e a mistura de rochas indicaram os melhores resultados para biomassa seca da parte aérea, acumulação de P, SO_4^{2-} , K e Mg total na parte aérea do meloeiro. Os biofertilizantes de rochas com P e K e as rochas com P e K, podem ser usados como alternativa para fertilizantes minerais na cultura do melão irrigado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas, e à Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), ao CNPq e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pelo auxílio em prol da realização da Pesquisa.

LITERATURA CITADA

AOAC - Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists. 11. ed. Washington, 1992. 1115p.

Bar-Yosef, B. Advances in fertirrigation. *Advances in Agronomy*, v.65, p. 1-77, 1999.

Belfort, C.C. Acumulação de matéria seca e recrutamento de nutrientes em melão (*Cucumis melo* L. cv. Valenciano Amarelo CAC) cultivado em latossolo vermelho amarelo em Presidente Venceslau, SP. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 1985. 72 p. Tese Doutorado.

Duenhas, L.H. Cultivo orgânico de melão: Aplicação de esterco e de biofertilizantes e substâncias húmicas via fertirrigação. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 2004. 66p. Dissertação Mestrado.

El-Tarabily, K.A.; Abdou, A.S.; Mahee, E.S.; Satoshi, M. Isolation and characterization of sulfur-oxidizing bacteria from calcareous sandy soils and their effects on nutrient uptake and growth. *Australian Journal Agricultural Research*. v.57, p.101-111. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 1 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999a. 412p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1 ed. Brasília: Comunicação para transferência de tecnologia, 1999b. 370p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de solo. 2 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

He, Z.L.; Baligar, V.C.; Martens, D.C.; Ritchey, K.D. & Kemper, W.D. Factors affecting phosphate rock dissolution in acid soil amended with liming materials and cellulose. *Soil Science Society of American Journal* v.60, p.1596-1601. 1996.

IPA Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco. 2. ed. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. 1998.

Kelly, D.P.; Wood, A.P. Reclassification of some species of *Thiobacillus* to the newly designated genera *Acidithiobacillus* gen. nov., *Halothiobacillus* gen. nov. and *Thermithiobacillus* gen. nov. *International Journal Systematic Evolutionary Microbiology*, v. 50, p.511-516, 2000.

Lombardi, M.L.C.O. Dissolução de três fosfatos naturais através da atividade microbiológica do enxofre. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1981, 81p. Dissertação Mestrado.

Nahas, E.; Centurion, J.F.; Assis, L.C. Microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases de vários solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.43-48, 1994.

Ramesh, C.J.; Milkha, S.A.; Sharma, R. Impact of elemental S applied under various temperature and moisture regimes on pH and available P in acidic, neutral and alkaline soils. *Biology and Fertility of soils*. v.41, p.52-58, 2005.

Roberts, T. Reservas de minerais potássicos e a produção de fertilizantes potássicos no mundo. *Potafos: Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.107, p.2-3. 2004.

Sanchez, P.A. Soil fertility and hunger in Africa. *Science*, v.295, p.2019-2020, 2002.

Sousa, V.F.; Rodrigues, B.H.N.; Athayde Sobrinho, C.; Coelho, E.F.; Viana, F.M.P.; Silva, P.H.S. Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no meio-norte do Brasil. Teresina: Embrapa, 1999.

Souza, D.M.G.; Lobato, E. Correção do solo e adubação. *Informação Tecnológica*. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. 416p.

- Stamford, N.P.; Lima, R.A.; Santos, C.E.R.S. & Dias, S. H.L. Rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and nutrient uptake in a Brazilian soil. *Geomicrobiology*, v.23, p.251-257, 2006.
- Stamford, N.P.; Santos, C.E.R.S.; Santos, P.R.; Santos, K.S.R.; Montenegro, A. Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic by-products on mimosa (*Mimosa caesalpinifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. *Tropical Grasslands*, v.39, p.54-61, 2005.
- Stamford, N.P.; Moura, A.M.M.F.; Santos, K.S.; Santos, P. R. Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de fosfato natural em solo de tabuleiro cultivado com jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.28, p.75-83, 2004a.
- Stamford, N.P.; Santos, C.E.R.S.; Stamford, W.P.J.; Dias, S.H.L. Biofertilizante de rocha com *Acidithiobacillus* em solo de tabuleiro cultivado com caupi. *Revista Analytica*, São Paulo, v.3, p.48-53, 2004b.
- Strohecker, R.L.; Henning, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967, 428p.
- Teixeira, A.H.C. Informações agrometeorológicas do Pólo Petrolina. Petrolina: Embrapa, 2001.
- van Straaten, P., Rocks for crops – Agro minerals of sub-Saharan Africa. (ICRAF: International Center for Research in Agroforestry). Nairobi, Kenya. University of Guelph, Ontario. 2002. 338p.
- Whitelaw, M.A. Growth promotion of plant inoculated with phosphate-solubilizing fungi. *Advances in Agronomy*, v. 69, p. 99-151, 2000.