

PATRÍCIA MAIA DE MOURA

**USO DE BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS COM ENXOFRE E INOCULADO COM
ACIDITHIOBACILLUS EM ARGISSOLO ACINZENTADO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO CULTIVADO COM MELÃO.**

**RECIFE
PERNAMBUCO - BRASIL
2006**

PATRÍCIA MAIA DE MOURA

**USO DE BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS COM ENXOFRE E INOCULADO COM
ACIDITHIOBACILLUS EM ARGISSOLO ACINZENTADO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO CULTIVADO COM MELÃO.**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como parte das
exigências do Programa de Pós - Graduação em
Ciência do Solo, para obtenção do título de
Mestre em Ciência do solo.**

**R E C I F E
PERNAMBUCO - BRASIL
2006**

PATRÍCIA MAIA DE MOURA

**USO DE BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS COM ENXOFRE E INOCULADO COM
ACIDITHIOBACILLUS EM ARGISSOLO ACINZENTADO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO CULTIVADO COM MELÃO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós - Graduação em Ciência do Solo, para obtenção do título de Mestre em Ciência do solo.

Orientador

Prof^o. Newton Pereira Stamford, Ph.D.

Co - Orientadores

Luiza Helena Duenhas, Dr^a.

Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos, Dr^a.

R E C I F E
PERNAMBUCO - BRASIL
2006

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

M929u Moura, Patrícia Maia de
 Uso de biofertilizantes de rochas com enxofre e
 Inoculado com *acidithiobacillus* em Argissolo Acinzentado
do Vale do São Francisco cultivado com melão / Patrícia
Maia de Moura – 2006.
 70 f. : il.

 Orientador: Newton Pereira Stamford
 Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento
de Agronomia.
 Inclui bibliografia e anexo.

CDD 631.42

1. Fertilidade do solo
 2. Solubilidade
 3. Rocha
 4. Bactérias
 5. Melão
 6. Enxofre – Oxidação
 7. Disponibilidade de Fósforo
 8. Disponibilidade de Potássio
- I. Stamford, Newton Pereira
 - II. Título

**USO DE BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS COM ENXOFRE E INOCULADO COM
ACIDITHIOBACILLUS EM ARGISSOLO ACINZENTADO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO CULTIVADO COM MELÃO.**

PATRÍCIA MAIA DE MOURA

Dissertação defendida e aprovada em 17 de fevereiro de 2006 pela banca
examinadora:

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Newton Pereira Stamford

EXAMINADORES:

Dr^a. Luíza Helena Duenhas

Dr^a. Alessandra Monteiro Salviano Mendes

Dr^a. Rosimar dos Santos Musser

Aos meus pais, José Rivadávia de Moura e Maria Inês Maia Moura pelo exemplo de luta e aprendizado. A minha grande avó Severina Gurgel que com simplicidade e amor ensinou a perceber o inestimável valor do ser humano. As minhas grandes irmãs que sempre apoiaram todas as minhas decisões, amigos e familiares pelo carinho e apoio partilhados nos momentos difíceis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me abriu janelas quando as portas se fechavam, por me mostrar a luz nos momentos difíceis da minha vida e por colocar no meu caminho pessoas maravilhosas.

Ao meu estimado pai José Rivadávia de Moura, pelos magníficos conselhos e apoio em meus projetos de vida.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo pela oportunidade de realização do curso de mestrado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em particular ao centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), pelo apoio técnico e material, pela disponibilização de laboratórios, transportes e recursos humanos.

Ao Prof. Newton Pereira Stamford, pela orientação, amizade e paciência na realização do nosso trabalho.

À Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido e minha co-orientadora, Luiza Helena Duenhas pelos conselhos, nas horas certas, e pelo carinho.

À Pesquisadora da Embrapa Semi – Árido, Maria Sonia Lopes da Silva pela extrema amizade e apoio incondicional nos momentos de decisões marcantes da minha vida pessoal e acadêmica.

A Valmir Macário Filho pelos conselhos e incentivos, sendo meu porto seguro em todas as horas.

A minha admirável amiga Jaqueline C. Machado juntamente com sua família por ter me acolhido e pelo enorme carinho prestado.

Ao maravilhoso casal, Neide Medeiros Gomes Lopes e Antônio Lopes de Souza, pela exemplar amizade, desde que fui a primeira vez em Petrolina, além da marcante colaboração no design gráfico.

Ao meu braço direito no campo, o assistente de operações da EMBRAPA, Francisco Costa de Aquino (querido Cozinho) pela paciência inesgotável em meus momentos de aflição.

Ao Prof. Roberto Lyra Villas Bôas, da FCA/UNESP, por ter viabilizado a análise dos biofertilizantes.

Ao brilhante Pesquisador da Embrapa Semi-Árido Dr. Clementino Marcos Batista de Faria pelos excelentes conselhos científicos.

Ao estimado Pesquisador da Embrapa Semi-Árido Dr. Carlos Alberto Tuão Gava pela atenção e sugestões, além da constante paciência em sempre responder as minhas infinitas perguntas.

Ao produtor Érico Cavalcante, por ceder a área para realização deste trabalho.

As Pesquisadoras da Embrapa Semi-Árido Bárbara França Dantas, Alessandra Monteiro Salviano Mendes e Maria Auxiliadora Coelho Lima pela colaboração em meu trabalho.

Aos Pesquisadores da Embrapa Semi - Árido, Davi José Silva, Nivaldo Duarte Costa, José Monteiro Soares, Rebert Coelho Correia pela disponibilidade e empenho dedicado para realização deste trabalho.

Aos funcionários e estagiários dos laboratórios de solos, fisiologia vegetal e pós-colheita da Embrapa Semi-Árido, pela amizade, adesão e calorosa convivência.

Aos meus amigos de Petrolina, Cleusirene Alves, Mariana Lira, Mayane, Syberi pela torcida e apoio em todas as horas.

Aos amigos do Curso de Pós Graduação em Ciência do Solo, pela amizade, colaboração em etapas deste trabalho e apoio nos momentos difíceis.

Aos Professores do Programa, em especial a professora Maria Betânia Freire, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários da UFRPE Maria do Socorro, Eliane, Noca, Anacleto, Josué, Josias e Narciso, pela atenção e ajuda indispensável.

Aos amigos do curso e companheiros, Evinho, Michelangelo Oliveira, Priscila, Deise, Cristiane, Marcela, Sebastião Jr, Arlete, Euzelina, Edivan, Michelangelo e Dagmar, pela grande torcida e convívio que tornou esta etapa de minha vida muito mais alegre.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente, tenham contribuído para realização deste trabalho.

SUMÁRIO	PÁG.
DEDICATÓRIA	v
AGRADECIMENTOS	vi
SUMÁRIO	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO GERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT	xv
INTRODUÇÃO GERAL	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO 1 – Características químicas de Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão fertilizado com biofertilizantes de rochas e fertilizantes convencionais.	22
RESUMO	23
ABSTRACT	24
INTRODUÇÃO	25
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
CONCLUSÕES	32
AGRADECIMENTO	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
TABELAS	37
FIGURAS	39
CAPÍTULO 2 – Uso de biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas com <i>Acidithiobacillus</i> em melão no Vale do São Francisco	44
RESUMO	45
ABSTRACT	46
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
CONCLUSÕES	54
AGRADECIMENTOS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
TABELAS	59

FIGURAS	61
CONCLUSÕES FINAIS	67
ANEXOS	68
TABELAS	69
INSTRUÇÕES AOS AUTORES (ACTA SCIENTIARUM)	71
INSTRUÇÕES AOS AUTORES (REVISTA PAB)	73

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	PÁG.
TABELA 1. Teores de fósforo e potássio (g kg^{-1}), nos biofertilizantes e nas rochas fontes de P e K utilizadas no experimento, usando diferentes métodos de extração.	37
TABELA 2. Caracterização química e física do Argissolo Acinzentado (4º nível categórico), na profundidade de 0 a 20 cm, antes do plantio.	38
CAPÍTULO 2	59
TABELA 1. Teores de fósforo e potássio (g kg^{-1}), nos biofertilizantes e nas rochas fontes de P e K utilizadas no experimento, usando diferentes métodos de extração.	
TABELA 2. Caracterização química e física do Argissolo Acinzentado (4º nível categórico), na profundidade de 0 a 20 cm, antes do plantio.	60
ANEXO	69
TABELA 1. Efeito da aplicação de biofertilizantes, fertilizantes convencionais e das rochas fontes de fósforo e potássio, no número de frutos por área útil, sólidos solúveis totais (SST), vitamina C, firmeza de polpa e acidez total titulável (ATT) no meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.	
TABELA 2. Efeito da aplicação dos biofertilizantes, fertilizantes convencionais e das rochas fontes de fósforo e potássio, na concentração de P, K, Mg e SO_4^{-2} no tecido foliar do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.	70

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1	Pág.
FIGURA 1. Efeito dos biofertilizantes (fosfatado e potássico) e dos tratamentos adicionais no pH de um Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.	39
FIGURA 2. Efeito dos biofertilizantes (fosfatado e potássico) e tratamentos adicionais no teor de P em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE, após a colheita do melão.	40
FIGURA 3. Efeito dos biofertilizantes (fosfatado e potássico) e tratamentos adicionais no teor de K trocável em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE, após a colheita do melão.	41
FIGURA 4. Efeito dos biofertilizantes (fosfatado e potássico) e tratamentos adicionais no teor de Ca ⁺² e Mg ⁺² trocáveis em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE, após a colheita do melão.	42
FIGURA 5. Efeito dos biofertilizantes (fosfatado e potássico) e tratamentos adicionais no teor de Na ⁺ e no Al ⁺³ trocáveis em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE, após a colheita do melão.	43

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2		PÁG.
FIGURA 1. Efeito da aplicação de biofertilizantes (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, na produtividade do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.		61
FIGURA 2. Efeito da aplicação de biofertilizantes (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, no peso médio do melão (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.		62
FIGURA 3. Efeito da aplicação de biofertilizantes (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, na biomassa seca da parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.		63
FIGURA 4. Efeito da aplicação de biofertilizantes (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, no acúmulo de P e SO_4^{-2} , na parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.		64
FIGURA 5. Efeito da aplicação de biofertilizantes (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, no acúmulo de K e Mg total na parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.		65
FIGURA 6. Dados climáticos de temperatura (°C), precipitação (mm) e evapotranspiração (mm), referentes ao período de desenvolvimento vegetativo da cultura no Vale do São Francisco.		66

RESUMO GERAL

A produção de biofertilizantes a partir de rochas é um processo prático que reduz o consumo de energia e promove aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas. O teor de nutrientes (P e K) do biofertilizante varia conforme o método de preparo e o material utilizado. Atualmente são denominados biofertilizantes os fertilizantes produzidos a partir de diferentes materiais orgânicos. O objetivo geral do presente trabalho foi o de verificar o potencial do uso de biofertilizantes produzidos com rochas fontes de fósforo (apatita) e potássio (biotita), por meio da adição de enxofre e da inoculação com *Acidithiobacillus*, comparando com fertilizantes químicos convencionais, em Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão. Realizou-se um experimento em campo, no Município de Petrolina (PE) em parceria com a Embrapa Semi-Árido, em solo com baixo teor de P e médio teor de K disponível. Foram aplicadas duas fontes: biofertilizante fosfatado (BP) e biofertilizante potássico (BK), nos níveis correspondentes a 100% do recomendado, 50% e o dobro do recomendado (kg ha^{-1}) para o melão em relação a equivalência de nutrientes para os fertilizantes superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl). Foram usados os tratamentos adicionais: a) mistura dos fertilizantes convencionais no nível recomendado ($\text{SFT}_{100} + \text{KCl}_{100}$); b) mistura das rochas no nível correspondente ao dobro da recomendação ($\text{RA}_{200} + \text{RB}_{200}$), e c) o tratamento controle sem aplicação de fósforo e potássio ($\text{P}_0 + \text{K}_0$). Foi cultivado o melão (cv. AF-682), no espaçamento 2,00m x 0,50m, com acompanhamento da cultura até a fase de colheita dos frutos. Determinou-se na planta: produção, peso médio de frutos, biomassa da parte aérea e absorção de nutrientes (P, K, Mg, SO_4^{-2}), e no solo analisou-se: pH, P, K, Ca, Mg, Na e Al seguindo-se a metodologia da Embrapa (1997). Os frutos foram qualificados de acordo com a firmeza da polpa, vitamina C, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT). O experimento foi realizado no arranjo fatorial 3^2+3 , com 3 repetições. As análises estatísticas (análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5%) foram realizadas usando o software SAS versão 8.0. As rochas e os biofertilizantes reduziram o pH do solo, comparando com os fertilizantes convencionais, com as rochas mais enxofre e com o tratamento controle. Os maiores teores de P e K disponíveis foram obtidos com os biofertilizantes (BP e BK) nos níveis mais elevados. Os teores de Mg e Al trocáveis foram mais elevados com o

maior nível de BK. Os melhores resultados para o peso médio dos frutos foram com aplicação da mistura dos fertilizantes convencionais e das rochas (com S) e com os biofertilizantes (BK) e (BP). A mistura de rochas e os fertilizantes convencionais obtiveram os maiores valores de produtividade. Não houve efeito da aplicação dos tratamentos fertilização com P e K na biomassa da parte aérea, SST, vitamina C, firmeza de polpa e ATT. Os melhores resultados para produtividade e peso médio de frutos foram com aplicação da mistura dos fertilizantes convencionais e das rochas (com S) e com os biofertilizantes (BK) e (BP). No P, K e Mg total na planta, os melhores resultados foram com BP₂₀₀. Os menores teores de S (SO₄⁻) no tecido foliar foram observadas no tratamento controle e na mistura de fertilizantes comerciais.

Palavras chave: acidificação do solo, bactéria oxidante do enxofre, disponibilidade de P e K, fertilização com P e K, solubilização de rochas.

GENERAL ABSTRACT

The production of biofertilizers from rocks is a practical process that may reduce the energy consumption and promote nutrients availability for plant growth. Nutrient content of P and K biofertilizers varied according to the methodology and the used material. Presently biofertilizers are known as fertilizers that are produced using different organic by-products. The aim of this work was to evaluate the potential of the biofertilizers from phosphate and potash rocks sources by addition of sulfur inoculated with *Acidithiobacillus*, compared to conventional chemical fertilizers, in Haploxeralf soil of the Valley of the São Francisco cultivated with melon. It was conducted a field experiment in the District of Petrolina (PE), in cooperation with Embrapa Tropical Semi-Arid, in soil with low available P and medium available K. Two fertilizers sources were applied: P biofertilizer (BP) and K biofertilizers (BK), in recommended level to melon, 50% and 200% of the recommended levels (kg ha^{-1}) regarding the nutrient equivalent for triple superphosphate (TSP) and potassium chloride (KCl) chemical fertilizers. The following were additional treatments: a) mixture of conventional fertilizers in recommended level ($\text{SFT}_{100} + \text{KCl}_{100}$); b) mixture of P and K rocks in 200% of recommended level ($\text{RA}_{200} + \text{RB}_{200}$), and c) control treatment without P and K fertilization ($\text{P}_0 + \text{K}_0$). Melon (cv. AF-682) was grown spaced 2,00m x 0,50m, and the culture was cropped until the fruits harvest. In plants were determined: fruit yield and average fruits weight, dry biomass of the aerial part, and nutrients uptake (P, K, Mg, SO_4^{-2}); in soil were determined: pH, P, K, Ca, Mg, Na e Al, following Embrapa (1997) methodology. The fruits were qualified according to fruit texture, C vitamin, soluble solids content and total tritable acidity. The experiment was conducted in a factorial 3^2+3 , with three replicates. Statistical analyses included analyses of variance, and the media were compared by test ($p=0.05$), using the software SAS version 8.0. Rocks and biofertilizers reduced soil pH comparing with conventional fertilizers and rocks plus sulfur. Available P and K were greater when applied biofertilizers (PB and KB) in higher levels. Magnesium and aluminum showed greater values with KB applied in higher level. Effect of fertilization on weight and yield of fruits, and on nutrient uptake in leaves was observed and it was not verified effects in leaves biomass, soluble solids content, C vitamin, fruit texture and in total tritable acidity. Best results on weight were obtained when applied TSP+KCl and rocks (RP+RK) with S and biofertilizers (BK) and (BP). The conventional mixture of rocks and fertilizers had gotten the biggest values of yield of fruits. For total plant P, K and Mg the best

results were obtained with BP200. Total (SO_4^-) in leaves showed low values when applied TSP+KCl and the control treatment.

Key words: P and K availability, P and K fertilization, rocks solubility, soil acidification, sulfur oxidative bacteria.

INTRODUÇÃO GERAL

O melão (*Cucumis melo L.*) é uma espécie olerícola de importante expressão econômica e social para a região Nordeste do Brasil. Atualmente, destacam-se como maiores produtores os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco e Bahia, que tem grande expressividade na produção nacional, estando a produção, nestes dois últimos estados, concentrada no Vale do São Francisco.

Em 2004, os pomares brasileiros produziram 38 milhões de toneladas de frutos, proporcionando ao país um novo recorde nas exportações. O excelente desempenho que a fruticultura brasileira vem experimentando nos últimos anos pode ser medido devido ao aumento do consumo interno quanto aos sucessivos recordes de exportações. Reafirmando sua posição de terceiro maior produtor mundial, estando logo em seguida da China e da Índia, proporcionando seu potencial de geração de empregos e renda, a fruticultura ocupa hoje posição estratégica na expansão do agronegócio brasileiro (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2005).

Entre as frutas e hortaliças produzidas no Nordeste, o melão ocupa um lugar privilegiado, haja vista que, das 349.498 toneladas de frutos produzidos em 2003, cerca de 93,64% foram produzidos nesta região (IBGE, 2005).

Apesar de todo potencial produtivo de diversos países, cerca de metade das terras com potencial para a agricultura corresponde a áreas não cultiváveis e as áreas plantadas permanecem constantes, mais de 2 bilhões de hectares têm sido degradados, devido a uma grande variedade de processos, principalmente aqueles relacionados ao manejo adequado que vise uma agricultura ecologicamente sustentável (Oldeman, 1994; FAO, 1995; UNEP, 2000).

Em contrapartida a esta atual situação global, será exigido um uso adequado do disponível terrestre e dos recursos hídricos, assim, para a intensificação, diversificação e especialização de sistemas de produção agrícola, deverão ser desenvolvidas novas tecnologias inovadoras e específicas para solos e plantas (Lal, 2000).

O desenvolvimento e aplicação de um manejo de nutriente integrado abordados na agricultura implicarão na redução de fertilizantes químicos e incremento das fontes naturais de nutrientes, como rochas (Rochas fosfatadas e potássicas), fixação biológica de nitrogênio (FBN), e adubos orgânicos (adubação verde), em combinação com a reciclagem de resíduos (FAO, 1995).

A matéria-prima básica para a fabricação de fertilizantes fosfatados são as rochas fosfáticas, sendo mais comum o uso das apatitas. Para a produção de fertilizantes solúveis (superfosfatos e termofosfatos) é requerido apreciável gasto de energia, e mão de obra especializada. Assim, há premente necessidade de se estabelecer estratégias para o uso eficiente e econômico deste tipo de rocha (Goedert e Sousa, 1986).

Com relação aos fosfatos naturais, que são de baixa solubilidade em água, variando de acordo com a sua mineralogia e granulometria, o emprego de rochas fosfatadas na agricultura torna-se limitado sendo utilizadas em culturas perenes, pelo seu efeito lento e residual (Ballesteros et al., 1996).

Dentre os fertilizantes as fontes contendo o elemento potássio é o segundo mais utilizado no Brasil, sendo quase que inteiramente atendido por importações, tendo em vista que o País atualmente tem como produção atual apenas cerca de 650 mil toneladas (Roberts, 2004). As rochas potássicas brutas, contendo minerais como biotitas, micas, micaxistos e feldspatos, entre outros minerais, após os processos de moagem e peneiramento, são de emprego limitado devido a sua reduzida eficiência agronômica, em função do baixo teor de potássio solúvel (Ballesteros et al., 1996).

Atualmente em Santa Luzia, Paraíba, está sendo explorada em larga escala, para uso direto na agricultura orgânica regional, uma rocha (moída), que contém em sua composição, principalmente o mineral feldspato potássico (com cerca de 10% de K_2O). A rocha moída, em função da grande quantidade produzida, e dos resultados preliminares obtidos em trabalhos na área de produção, foi escolhida para ser utilizada no presente trabalho, visando o aumento da solubilização do K, a partir da atuação das bactérias oxidantes do enxofre.

O uso de microrganismos com maior capacidade em solubilizar fosfatos de rocha vem recebendo a atenção dos pesquisadores, principalmente pela possibilidade de seu emprego em programas de interação com microrganismos fixadores de N_2 (Nahas, 1999). A fixação biológica do N_2 deverá apresentar interação com bactérias solubilizadoras de fosfatos, principalmente do gênero *Acidithiobacillus*, capazes de produzir H_2SO_4 (Garcia Júnior, 1992), que podem atuar, com intensidade, na solubilização de P presente nos fosfatos naturais.

Espécies de *Acidithiobacillus* ocorrem naturalmente nos solos agrícolas; entretanto, poucos trabalhos realizados sem a adição da bactéria específica mostraram que a sua atuação na solubilidade de fosfatos naturais é lenta e com

resultados bastante variáveis. Por outro lado, a adição da bactéria em concentração conhecida e aplicada diretamente misturada com enxofre, deverá promover ação mais rápida e eficiente, favorecendo o processo simbiótico e o desenvolvimento das plantas (Santos, 2002).

Alguns fatores podem influenciar a efetividade de fosfatos naturais aplicados no solo, tais como: mineralogia do fosfato natural, reatividade do fosfato, tamanho do grão e área superficial, atributos físicos e químicos do solo, especialmente pH, capacidade do solo na manutenção de umidade, estado nutricional da planta, principalmente quanto a Ca e P, capacidade de fixação de P do solo, espécie cultivada e seu requerimento nutricional, práticas de manejo, incluindo método e tempo de aplicação, e calagem do solo (van Straatem, 2002). O ácido sulfúrico produzido na reação microbiológica pode atuar no fosfato natural disponibilizando P, bem como no solo, promovendo redução no pH (Stamford et al., 2002).

O objetivo geral do presente trabalho foi o de verificar o potencial do uso de biofertilizantes produzidos com rochas fontes de fósforo (apatita) e potássio (biotita), por meio da adição de enxofre e da inoculação com *Acidithiobacillus*, comparando com fertilizantes químicos convencionais, em Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão.

Para facilitar a discussão dos resultados o trabalho foi dividido em capítulos, sendo o primeiro capítulo intitulado “Características químicas de Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão fertilizado com biofertilizantes de rochas e fertilizantes convencionais”, e o segundo capítulo intitulado “Uso de Biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas inoculados com *Acidithiobacillus* em melão no Vale do São Francisco”.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2005. Santa Cruz do Sul: RIGON, 136p, 2005.

BALLESTERO, S. D.; JORGE, J. A.; NICOLINO, C. A. C.; FILLIETTAZ, E. V. V. ; ONO, R. K. Efeito da compostagem na solubilização de rochas fosfatadas e potássicas. **Biociência**, Taubaté, v. 2, n. 1, p.15-22, 1996.

FAO. **World agriculture**: towards 2010, by N. Alexandratos, ed.New York. USA. John Wiley & Sons. 1995.

GARCIA JÚNIOR., O. O enxofre e suas transformações microbianas. In: Cardoso, E.; Saito, M. T.; Neves, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.243-255.

GOEDERT, W. J; SOUSA, D. M. G. Avaliação preliminar de fosfatos com acidulação parcial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 75-80. 1986.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de recuperação automática - Sidra**: Produção agrícola municipal. Quantidade produzida, valor da produção, área plantada, e área colhida da lavoura temporária. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Consultado em 12/04/2005.

Lal, R. Soil management in the developing countries. **Soil Science**, v.165, n.1 p. 57-72. 2000.

NAHAS, E. Solubilização microbiana de fosfatos e de outros elementos. In: SIQUEIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E. & CARVALHO, J.G., eds. **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. p.467-486.

OLDEMAN, L.R. The global extent of soil degradation. *In* D.J. Greenland & I. Szabolcs, eds. **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford, UK, CAB International, p.99-118. 1994.

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

SANTOS, K.S. **Atuação de fosfato natural com adição de enxofre com *Acidithiobacillus* na solubilização de fósforo e no desenvolvimento de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) em solo de tabuleiro**. 2002. Dissertação (Mestrado-Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

STAMFORD, N.P; SILVA, J.A.; FREITAS, A.D.S. & ARAÚJO FILHO, J.T. Effect of sulfúfur inoculated with *Acidithiobacillus* in a saline soil grown with leucena and mimosa tree legumes. **Bioresorce Technology**, v.81 p.53-59, 2002.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Global. **Environment outlook 2000**. London:Earthscan Publications. 2000.

van STRAATEM , P. **Rocks for crops: agrominerals of Sub-Saharan Africa**. Nairobi: ICRAF, 2002. 338p.

Capítulo 1

Trabalho submetido para publicação pela Revista Acta Scientiarum:

Características químicas de Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão fertilizado com biofertilizantes de rochas e fertilizantes convencionais.

Características químicas de Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão fertilizado com biofertilizantes de rochas e fertilizantes convencionais

Patrícia Maia Moura¹, Newton Pereira Stamford^{*1}, Luíza Helena Duenhas², Glauber Henrique de Sousa Nunes³

¹ Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois irmãos, 52071-900, Recife, PE, Brasil. ² Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido (CPATSA), Petrolina, PE, Brasil. ³ Prof. Adjunto, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil. * Autor para correspondência: newtonps@ufrpe.br.

*Pesquisa financiada pelo PRODETAB/Banco Mundial.

RESUMO. Verificou-se as alterações nas características químicas de um Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco, fertilizado com biofertilizantes, produzidos com rochas e adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*. Os tratamentos foram arranjados segundo um fatorial 3^2+3 , usando delineamento em blocos casualizados, com duas fontes: biofertilizante (BP) e biofertilizante (BK), aplicados 3 níveis (50%, 100% e 200% da recomendação), mais os tratamentos adicionais: mistura das rochas (RP+RK), fertilizantes convencionais (SFT e KCl) e controle (P_0+K_0). As rochas e os biofertilizantes reduziram o pH do solo, comparando com os fertilizantes convencionais e com o controle. Os teores de Mg e Al trocáveis foram mais elevados com o maior nível de BK. As maiores alterações nas características do solo nos teores de fósforo e potássio disponíveis foram obtidos com os biofertilizantes (BP e BK) aplicados no maior nível.

Palavras-chave: *Acidithiobacillus*, acidificação do solo, disponibilidade de P e K, oxidação do enxofre, rocha fosfatada, rocha potássica.

ABSTRACT. Chemical characteristics an Haploxeralf soil from São Francisco Valley grown with melon fertilized with biofertilizantes of rocks and conventional fertilizers. Verified the alterations in the chemical characteristics Haploxeralf soil of the Valley of the São Francisco, fertilized with biofertilizantes, produced with rocks and sulphur addition inoculated with *Acidithiobacillus*. The experiment was arranged in a factorial 3^2+3 , using a randomized block design with two sources: biofertilizante (PB) and biofertilizante (KB), applied 3 levels (50%, 100% and 200% of the recommendation), more the treatments you add: mixture of the rocks (PR+KR), conventional fertilizers (TSP and KCl) and the control (P0+K0). The rocks and the biofertilizantes had reduced pH of the ground, comparing with conventional fertilizers and the control. The texts of exchangeable Mg and Al more had been raised with the biggest level of BK. The biggest alterations in the characteristics of the ground in texts of available match and potassium had been gotten with the biofertilizantes (BP and BK) applied in the biggest level.

Palavras-chave: *Acidithiobacillus*, available P and K, phosphate rock, potash rock, soil acidity, sulfur oxidation.

Introdução

O uso de fertilizantes é importante para o desenvolvimento e produção das culturas, no entanto, os altos custos dos produtos solúveis contribuem diretamente para reduzir a sua aplicação por agricultores de baixa renda (Sanchez, 2002). Assim, é relevante estudar o uso de novos insumos com potencial agrícola, as rochas fosfatadas podem ser usadas como matérias-primas nas indústrias de fabricação de fertilizantes fosfatados de alta solubilidade, como fontes de fósforo para aplicação direta na agricultura, ou podem ser utilizadas para fabricação de biofertilizantes.

De acordo com Collard (2001) o termo biofertilizante, seria o efluente resultante da fermentação aeróbica ou anaeróbica de produtos orgânicos puros ou complementados com minerais, que podem ser usados na agricultura para vários fins. Entretanto, o termo biofertilizante ainda gera muitas controvérsias, e vários pesquisadores consideram que fertilizantes são insumos produzidos de rochas, submetidas a reação química (oxidação, redução ou reação térmica), e a concentração dos nutrientes na forma solúvel deve ser conhecida, e também para sua comercialização como mistura fertilizante deve conter no mínimo 24% de nutrientes (NPK). No presente trabalho será considerado como biofertilizante o insumo produzido a partir de rochas com atuação microbiológica, através de reação enzimática, sem utilização de produtos químicos na sua produção.

Um método químico bastante utilizado para melhorar a eficiência dos fosfatos naturais é a sua acidificação parcial. No entanto outro método que pode contribuir para aumentar a eficiência dessas rochas é a solubilização biológica produzida por alguns grupos de microrganismos (Nahas, 1999; Rodríguez e Fraga, 1999; Whitelaw, 2000). Os microrganismos utilizados como solubilizadores podem propiciar a dissolução dos fosfatos de baixa solubilidade, pela produção de ácidos inorgânicos ou orgânicos e/ou pela diminuição do valor do pH, liberando fosfato disponível (He *et al.*, 1996). Stamford *et al.* (2003a e 2003b, 2004a e 2004b) utilizando fosfato natural com adição de enxofre e inoculado com *Acidithiobacillus* produziram biofertilizantes fosfatados cuja atuação foi avaliada na cultura do caupi e no jacatupé em solos com baixo P disponível, e obtiveram resultados satisfatórios com relação a produção.

Sob condições áridas, a gradual evaporação da água do mar em bacias restritas, durante o passado geológico resultou na acumulação de camadas sucessivas de calcários e rochas evaporíticas, tais como sulfato de cálcio, cloreto de

sódio e, finalmente cloretos e sulfatos de potássio e magnésio. Estes raros depósitos podem ser de grande expressão econômica, entretanto, outras fontes podem ocorrer como rochas em combinação com outros elementos, sob a forma de silicatos de alumínio e potássio, em minerais tais como ortoclásio, muscovita e biotita.

Os sais de potássio mais importantes em uso corrente são o cloreto de potássio (contendo 60 a 62% de K_2O) e o sulfato de potássio (50 a 52% de K_2O). No entanto, cerca de 90% da produção mundial de potássio são na forma de cloreto de potássio, enquanto que o sulfato de potássio representa menos que 5% do total. Mais de 95% da produção mundial de potássio é destinado a produção de fertilizante (Roberts, 2004).

As bactérias mais importantes que realizam a oxidação do enxofre pertencem ao gênero *Thiobacillus*, recentemente incluídas no novo gênero *Acidithiobacillus* (Kelly e Wood, 2000). As bactérias oxidantes do enxofre são de grande importância na reciclagem de elementos no solo, e algumas espécies são de reconhecida relevância em processos biotecnológicos, sendo utilizadas na solubilização de metais de interesse econômico, como o cobre, prata, ouro e urânio, em escala industrial (Garcia Júnior, 1992).

O objetivo do presente trabalho foi o de verificar as alterações nas características químicas de um Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco, fertilizado com biofertilizantes, produzidos com rochas contendo minerais de apatita e rochas contendo minerais de biotita, com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*.

Material e métodos

Produção dos biofertilizantes

Para a realização do experimento em campo foram produzidos 4000 kg de cada biofertilizante (fosfatado/potássico), utilizando-se dois canteiros da horta da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, com 10 metros de comprimento, 1 metro de largura e 0,50m de profundidade. As rochas utilizadas na produção dos biofertilizantes foram: rocha fosfatada apatita (apatita de Irecê, Bahia, com 24 % de P_2O_5) e a rocha potássica denominada de biotita (biotita xisto de Santa Luzia, Paraíba, com 8 -10 % de K_2O total). As rochas moídas foram aplicadas nos níveis correspondentes ao dobro da dose recomendada para o melão (IPA,1998). Na produção de cada biofertilizante (fosfatado e potássico) foi adicionado enxofre

(100 kg de S por 1000 kg de rocha) inoculado com a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus*.

A bactéria foi cultivada em meio específico 9K em Erlenmeyers de 2000 mL, contendo 1000 mL de meio, colocados em agitação a 150 rpm, por 5 dias a 28 – 30^o C. O material foi esterilizado a 120^o C, por 30 minutos, em autoclave horizontal com capacidade para 40 L. A adição de *Acidithiobacillus* foi realizada da seguinte forma: Para cada camada com 1000 kg de rocha (fosfatada ou potássica), em mistura homogênea com enxofre (100 kg) adicionou-se a cultura de *Acidithiobacillus* diluída em água filtrada, na proporção de 1,5 L para cada 10 L de água, usando-se um pulverizador de pressão com capacidade para 12 litros.

Antes da colocação do material o canteiro foi revestido com lona plástica e após a colocação da última camada (4000 kg de rocha: 400 kg de enxofre) os canteiros foram recobertos com lona plástica, com a finalidade de evitar acúmulo de água através de precipitação, e manter a bactéria no escuro para ativar o processo da produção de ácido sulfúrico. Diariamente o material foi irrigado para manutenção da umidade próxima da capacidade de campo e recoberto, durante o período de incubação (60 dias), após este período verificou-se por meio de análises químicas que o material estava estabilizado, o pH encontrava-se constante, sendo este critério utilizado para definir o final da incubação. Depois de produzidos, os biofertilizantes foram colocados para secagem na temperatura ambiente, peneirados, ensacados e armazenados, e oportunamente, conduzidos para o local do experimento, para aplicação no campo.

Nos dois biofertilizantes, após os sessenta dias de incubação, foram realizadas no laboratório de solos da FCA/UNESP, as seguintes análises: teor total de P e K, teor de P solúvel em citrato de amônio, teor de P por Mehlich 1 e teor de P e K em água (Embrapa, 1999). As determinações foram realizadas em amostras compostas, com coletas em cinco sacos, de cada biofertilizante, com seis repetições, e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Experimento em campo

O experimento em campo foi realizado em lote de produtor rural, localizado no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho – DISNC, em Petrolina, PE, Brasil, coordenadas em UTM: 24L0329749 e 8969241, altitude 400m, na região semi-árida

do estado de Pernambuco, Brasil. O clima regional é do tipo BSw^h, de acordo com a classificação de Köppen (Teixeira, 2001). O solo usado, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), foi classificado como um Argissolo Acinzentado textura arenosa média (Tabela 2).

O experimento foi realizado no esquema fatorial $3^2 + 3$ tratamentos adicionais, no delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Foram utilizadas duas fontes de biofertilizantes: 1) biofertilizante fosfatado (BP) e 2) biofertilizante potássico (BK), sendo cada fonte aplicada em 3 níveis, correspondentes a 50%, 100% e 200% das doses de P_2O_5 e K_2O recomendadas para a cultura do melão. Os tratamentos adicionais foram: 1) controle sem adição de P e K (P_0K_0); 2) rocha fosfatada (RP) mais rocha potássica (RK), ambas contendo adição de enxofre; e 3) fertilizantes convencionais com P (superfosfato triplo) e com K (cloreto de potássio), aplicou-se 40 kg.ha^{-1} de K_2O e 160 kg.ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de cloreto de potássio e superfosfato triplo (SFT), seguindo-se a recomendação para a cultura do melão irrigado (IPA, 1998).

No preparo da área realizou-se o desmatamento, seguido de gradagem e sulcamento, para a adição dos respectivos tratamentos. Foram coletadas amostras na camada arável (0-20 cm), e os resultados das análises químicas e física são apresentados na Tabela 2. Foi realizada a calagem utilizando calcário Itacal (PRNT 80%). No cálculo da quantidade de calcário foi usado o método de saturação por bases, seguindo as recomendações de Souza e Lobato (2004), visando aumentá-la para 80%.

Foram utilizadas sementes do híbrido "AF-682" (Sakata), após a realização do teste de germinação, sendo produzidas mudas com o semeio de uma semente por célula de isopor. A aplicação dos tratamentos no solo, em sulcos de 10 m de comprimento, foi realizada dois dias antes do transplante das mudas e as mesmas foram transplantadas para o campo com oito dias após sua emergência (DAE). A irrigação foi procedida com base no método dos tensiômetros, instalados no solo a 20 cm de profundidade, e a 10 cm dos emissores (gotejadores), seguindo as recomendações de Sousa et al. (1999). A tensão da água no solo foi mantida próxima da capacidade de campo.

Iniciou-se a aplicação de fertilizantes nitrogenados aos 5 dias após o transplante das mudas, para o campo, com aplicações através de fertirrigação por gotejamento, com aplicação de $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$, na forma de uréia e nitrato de cálcio, com distribuição no ciclo da cultura, seguindo a recomendação de Bar-Yosef

(1999) adaptada por Faria e Fontes (2003). O melão foi cultivado no espaçamento 2,0 x 0,5 m, contando cada parcela com quatro fileiras de 10 m de comprimento e 8 m de largura, perfazendo uma área total de 80 m², composta por 80 plantas, a área útil contendo 36 plantas.

Após a colheita dos frutos foram retiradas amostras compostas de solo, na profundidade de 0-20 cm, para determinação do pH, P e K disponível, cálcio e magnésio trocáveis, de acordo com a metodologia da Embrapa (1997).

Procedeu-se à análise de variância, utilizando o Programa SAS versão 8.0, com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. Vale salientar que os tratamentos com aplicação de BP e BK sempre foram aplicados como mistura (BP+BK), entretanto, como não houve diferença significativa para o biofertilizante em nível fixo, aplicado conjuntamente com níveis crescentes, denominou-se os tratamentos como: 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. Vale salientar que tal procedimento tem a finalidade de simplificar o entendimento dos resultados experimentais analisados.

Resultados e Discussão

Os resultados do efeito da fertilização com P e K no pH do solo encontram-se na Figura 1. Verifica-se que houve redução no pH inicial do solo (pH 5,6) quando aplicados os biofertilizantes fonte de fósforo (BP) e fonte de potássio (BK), com diferença significativa para o biofertilizante com K no nível mais elevado (BK200). Também foi observada redução no pH do solo, quando usada a mistura de rochas, que mostrou resultado não significativo quando comparado com o biofertilizante potássico no nível BK200. O efeito observado para o tratamento com aplicação das rochas pode ter sido em função da adição do S elementar nas rochas com P e K, na mesma quantidade usada para o preparo dos biofertilizantes, embora sem inoculação do *Acidithiobacillus*. Provavelmente deve ter havido participação efetiva das bactérias oxidantes do enxofre nativas do solo, que contribuíram para o aumento da acidez.

A acidificação devido à aplicação das rochas pode ter ocorrido de modo semelhante ao relatado por Villar (2003), trabalhando com lixiviação bacteriana de

metais presentes em lodo de esgoto sanitário, o qual sugeriu que a presença da espécie *Acidithiobacillus thiooxidans* no lodo foi o fator principal responsável pela acidificação do lodo, cujo pH foi inferior a 4,0.

Stamford et al. (2002), usando S inoculado com *Acidithiobacillus* na recuperação de solos salinos sódicos, observaram que a produção de H_2SO_4 continua a ocorrer até o consumo total do S adicionado, chegando a promover a acidificação do solo com redução do pH inicial 8,2 para pH 4,5 com adição de 1,8 t ha^{-1} de enxofre. Stamford et al. (2005) usando a rocha fosfatada (apatita de Gafsa) com adição de enxofre, com e sem inoculação com *Acidithiobacillus*, constataram que em solo cultivado com sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), ocorreu redução no pH com e sem inoculação, embora a maior acidez tenha sido observada quando o enxofre foi inoculado com a bactéria.

Com relação ao teor de P disponível, os dados obtidos encontram-se na Figura 2. Verificou-se que o biofertilizante fosfatado no nível BP200 e o tratamento com aplicação da mistura de rochas apresentaram os teores mais elevados de P disponível no solo. Houve diferença significativa para o tratamento com aplicação de fertilizantes convencionais (SFT+ KCl) que apresentaram teores mais baixos de P disponível, resultados que evidenciam o efeito das bactérias oxidantes do enxofre elementar.

De acordo com Nahas (2002) a adição de fertilizantes como o superfosfato triplo, aumenta significativamente o número de bactérias produtoras de fosfatase alcalina em comparação com adição de fosfato natural. Entretanto, uma possível explanação para a diferença observada, no presente trabalho, entre os biofertilizantes e os fertilizantes convencionais pode ser em função da presença de *Acidithiobacillus* que contribuiu para uma maior solubilidade de fósforo no solo, em função do aumento da acidez como descrito por He et al. (1996).

De acordo com Lombardi (1981) houve efeito da aplicação do fosfato Alvorada com e sem adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* no desenvolvimento do capim colonião e na acumulação de P total, tendo as bactérias nativas do solo promovido atuação tão efetiva quanto o tratamento com adição de *Acidithiobacillus*. Por outro lado, Santos (2002) e Stamford et al. (2003a) observaram efeito positivo do fosfato de Gafsa com adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* no acúmulo de P na parte aérea e no teor de P disponível em solo cultivado com sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e jacatupé, respectivamente. Stamford et al. (2004b) verificaram efeito de biofertilizante produzido com rocha fosfatada (fosfato de Irecê) inoculado

com *Acidithiobacillus*, no P total acumulado em caupi e no P total no solo, com valores mais elevados do que os obtidos com superfosfato triplo.

É bastante conhecido que no solo, o P encontra-se sujeito a inúmeros processos biogeoquímicos que alteram sua disponibilidade. Entre esses processos, destaca-se a solubilidade de fosfatos por fungos micorrízicos, que disponibilizam nutrientes para as plantas como relatado por Whitelaw (2000). Diversos microrganismos do solo, incluindo bactérias e fungos, possuem capacidade para solubilizar fosfatos por meio de diferentes mecanismos, especialmente pela produção de ácidos (Sperber, 1958; Banik e Dey, 1982; Kucey, 1983; Nahas, 1999; Rodríguez e Fraga, 1999; Silva Filho e Vidor, 2000; Whitelaw, 2000). Silva Filho e Vidor (2000) estudando a solubilização de fosfatos naturais por microrganismos, observou que a produção de ácidos é um dos mecanismos mais utilizado pelos microrganismos nesta tarefa.

Para os teores de potássio no solo os resultados podem ser observados na Figura 3. Vale salientar que os valores mais elevados de potássio trocável foi com aplicação da mistura dos fertilizantes convencionais (SFT+ KCl), com biofertilizante potássico (BK) no maior nível e da mistura com as rochas (RP+RK). Contudo pode ser observado que não houve diferença significativa quando foi aplicado o biofertilizante fosfatado no menor nível. É importante salientar que na literatura não existem trabalhos com referência ao efeito da aplicação de biofertilizantes potássicos produzidos a partir de rochas.

Os resultados obtidos para os teores de cálcio e magnésio trocáveis estão apresentados na Figura 4. Para o teor de cálcio trocável verificou-se efeito significativo da mistura de rochas (RP+RK), sem diferença significativa para o biofertilizante com fósforo no nível BP200. Vale salientar que a mistura com os fertilizantes (SFT+ KCl) e o tratamento controle apresentaram níveis mais baixos de cálcio trocável.

Também pode ser observado que o teor de cálcio trocável teve um aumento considerável em relação ao cálcio encontrado no solo antes da implantação do experimento (Tabela 2). Este fato provavelmente, pode ter sido devido contribuição da disponibilização de cálcio contido especialmente no nível mais elevado de biofertilizante fosfatado (BP200), e na mistura de rochas.

Com relação ao magnésio (Figura 4) houve diferença significativa entre os tratamentos com fertilização, sendo os maiores teores obtidos com aplicação de BP50, BK200 e a mistura de rochas, que não diferiram entre si. Os menores teores

de Mg trocável foram obtidos com aplicação dos fertilizantes convencionais e no tratamento controle. Os resultados para Mg trocável podem ser explicados pela presença de Mg nas rochas com P e K, e também pode sofrer o efeito da acidez promovida pelo *Acidithiobacillus*.

Com referência ao sódio trocável (Figura 5) constatou-se que os resultados mais elevados foram obtidos com aplicação de BP200 e da mistura das rochas, sem diferença entre sí, enquanto os menores resultados foram com a aplicação dos fertilizantes convencionais e no tratamento controle.

Para alumínio trocável (Figura 5) não houve efeito da aplicação dos níveis de biofertilizantes fosfatados nem dos tratamentos adicionais, entretanto para o biofertilizante com potássio BK200 verificou-se efeito altamente significativo, especialmente quando aplicado nos maiores níveis, que mostraram teor de alumínio trocável bastante elevado ($0,81 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), nível com provável efeito de toxidez para a maioria das culturas. O efeito na solubilização de alumínio deve ser, provavelmente, devido ao efeito da acidez, como descrito por He et al. (1996), e também pela ocorrência de alumínio na biotita.

De uma maneira geral ficou evidenciada a possibilidade de uso de biofertilizantes produzidos a partir de rochas fosfatadas e de rochas com potássio com adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* como alternativa aos fertilizantes convencionais solúveis. Contudo, a aplicação destes deve ser realizada com atenção às técnicas científicas devido ao seu efeito em função da acidez promovida no solo.

Conclusão

A aplicação da mistura de rochas e dos biofertilizantes fosfatado e potássico reduz o pH do solo, e pode promover solubilização de alumínio trocável, especialmente quando aplicado biofertilizante com potássio em nível elevado.

Os maiores teores de P disponível no solo são obtidos com a aplicação do biofertilizante fosfatado no maior nível (BP200) e com a mistura de rochas (RP+RK).

Os maiores teores de K no solo são obtidos com o biofertilizante potássico no maior nível (BK200) e com os fertilizantes convencionais (SFT + KCL).

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas, à Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE).

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pelo auxílio para a realização da Pesquisa.

Ao financiamento do PRODETAB/Banco Mundial e a Embrapa Semi-Árido, pelo apoio técnico e material, pela disponibilização de laboratórios, materiais, transportes e recursos humanos.

Ao Prof. Roberto Lyra Villas Bôas, da FCA/ UNESP, por ter viabilizado a análise dos biofertilizantes.

Referências

BANIK, S.; DEY, B. K. Available phosphate content of an alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate-solubilizing microorganisms. *Plant Soil*, The Hague, v. 69, n. 3, p. 353-364, 1982.

BAR-YOSEF, B. *Advances in fertigation*. Adv. Agron., v.65, p. 1-77, 1999.

COLLARD, F, H.;ALMEIDA, A.; COSTA, M, C, R.; ROCHA,M, C. Efeito do uso de biofertilizante agrobio na cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg). *Revista Biociências*, Taubaté, v.7, n.1, p.1-8, 2001.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação dos solos*.1 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.

FARIA, C. M. B; FONTES, R. R. Nutrição e adubação. In: SILVA. H.R; COSTA. N.D. *Melão produção: aspectos técnicos*. Brasília: Embrapa, 2003. p. 40-50.

GARCIA JÚNIOR., O. O enxofre e suas transformações microbianas. In: CARDOSO, E.; SAITO, M. T.; NEVES, M.C.P. *Microbiologia do solo*. Campinas: SBCS, 1992. p. 243-255.

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 Sci. Soc. Amer. J.*, Madison, v.60, p.1596-1601, 1996.

IPA. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco. 2. ed. Recife; 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 Intern. Jour. Syst. Evol. Microbiol., v. 50, p. 511 – 516, 2000.

KUCEY, R. M. N. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Can. Jour. Soil Sci.*, Ottawa, v. 63, n. 4, p. 671-678, 1983.

LOMBARDI, M.L.C.O. *Dissolução de três fosfatos naturais através da atividade microbiológica do enxofre*. 1981. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

NAHAS, E. Solubilização microbiana de fosfatos e de outros elementos. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, U.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS, 1999. p. 467-486.

NAHAS, E. Microrganismos do solo produtores de fosfatases em diferentes sistemas agrícolas. *Bragantia*, Campinas, v. 61, n.3, p. 267-275, 2002.

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

RODRÍGEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Adv.*, New York, v. 17, p.319-339, 1999.

SANCHEZ, P. A. Soil fertility and hunger in Africa. *Science*, v.295, p.2019-2020, 2002. van STRAATEN, P. Rocks for crops: agrominerals of Sub-Saharan Africa. Nairobi: ICRAF, 2002.

SANTOS, K.S. *Atuação de fosfato natural com adição de enxofre com Acidithiobacillus na solubilização de fósforo e no desenvolvimento de sabiá (Mimosa caesalpinifolia) em solo de tabuleiro*. 2002. Dissertação (Mestrado- ciência do solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Solubilização de fosfatos por microrganismos na presença de fontes de carbono. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v. 24, n. 2, p.311-329, 2000.

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. *Cerrado - Correção do solo e adubação*. Informação Tecnológica. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. 416p.

SPERBER, J. I. Solution of apatite by soil microorganisms producing organic acids. *Aust. Jour. Agric. Res.*, Melbourne, v. 9, n. 6, p. 782-787, 1958.

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. *Trop. Grasslands*, Brisbane, v.39, n.4, 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*). *Rev. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v.28,n.1, 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. *Rev. Anal.*, São Paulo, v.3, n.9, p.48-53, 2004b.

STAMFORD, N. P.; SANTOS, K. S. ROCHA; SANTOS, P. R.; SANTOS, C.E.R.S.; FREITAS, A. D. S. Atuação de Biofertilizantes com fosfato natural e *Acidithiobacillus* em solo de tabuleiro com baixo P disponível. *Scient. Agríc.*, São Paulo, v.60, n.4, p. 767-773. 2003a.

STAMFORD, N.P. FREITAS, A. D. S.; FERRAZ, A. M.; MONTENEGRO, A. SANTOS, C.E.R. S. Nitrogen fixation and growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) and yam bean (*Pachyrhizus erosus*) in a sodic soil affected by gypsum and sulphur inoculated with *Thiobacillus* and rhizobial inoculation. *Trop. Grasslands*, Brisbane, v.38, p. 11-17. 2003b

STAMFORD, N. P.; SILVA, J.A.; FREITAS, A.D.S. e ARAÚJO FILHO, J. T. Effect of sulphur inoculated with *Acidithiobacillus* in a saline soil grown whit leucena and mimosa tree legumes. *Biores. Techonol.*, v.81, p.53-59, 2002.

TEIXEIRA, A. H. C. *Informações agrometeorológicas do Pólo Petrolina*. Petrolina: Embrapa, 2001.

VILAR, L.D. *Estudo da lixiviação bacteriana de metais presentes em lodo de esgoto sanitário*. 2003. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2003.

WHITELAW, M. A. Growth promotion of plant inoculated with phosphate-solubilizing fungi. *Adv. Agron.*, New York, v. 69, p. 99-151, 2000.

Tabela 1. Teores de fósforo e potássio (g kg^{-1}), nos biofertilizantes e nas rochas fontes de P e K utilizadas no experimento, usando diferentes métodos de extração¹.

	Análise de K			Análise de P			
	Total	H ₂ O	Mehlich 1	Total	H ₂ O	Mehlich 1	CNA+H ₂ O
	_____ g kg^{-1} _____			_____ g kg^{-1} _____			
Biofertilizante K	15,0	0,5	5,0	ND	ND	ND	ND
Biofertilizante P	2,7	ND	ND	106	4,0	17,0	42
Rocha com K	16,2	0,2	ND	ND	ND	ND	ND
Rocha com P	ND	ND	ND	106	0,4	22,0	55

¹N.D. Não determinado.

Tabela 2. Caracterização química e física do Argissolo Acinzentado (2° nível categórico), na profundidade de 0 a 20 cm, antes do plantio.

Atributo químico		Atributo físico	
pH (H ₂ O- 1:2,5)	5,6	Areia (%)	90
MO (g/Kg)	12,31	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 por Bases (V %)	57		

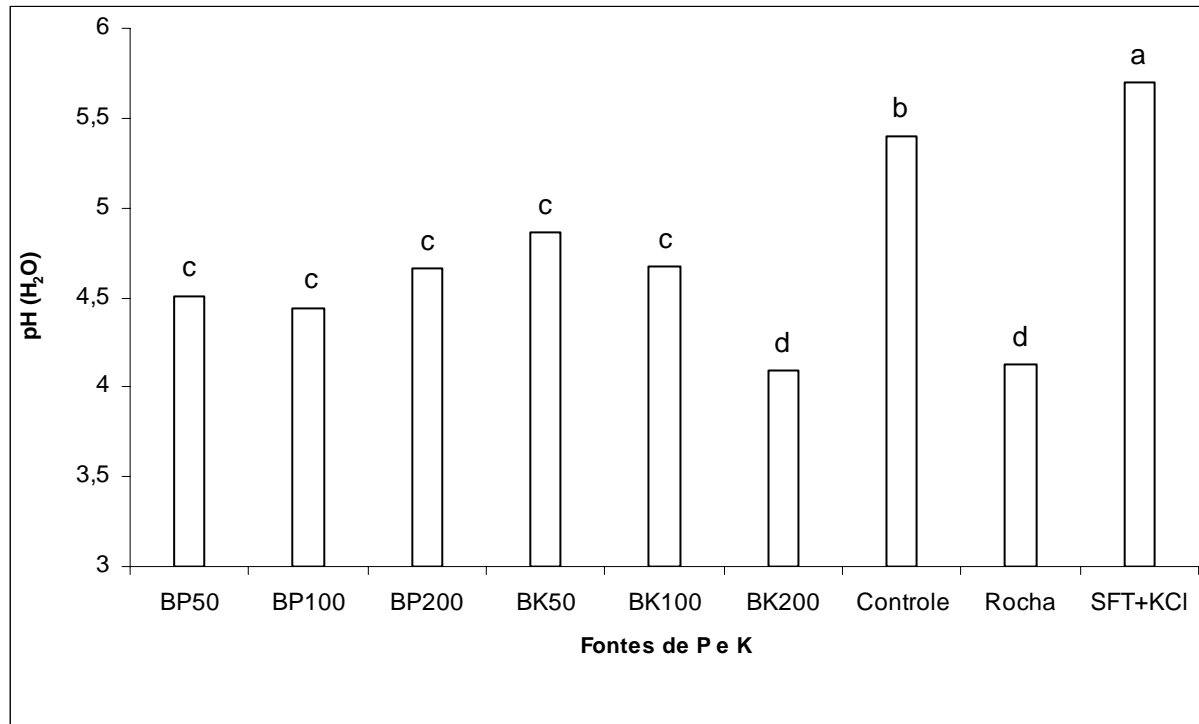


Figura 1. Efeito dos biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico) e dos tratamentos adicionais no pH de um Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P = 0,05). C.V. (%) =12,46.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente

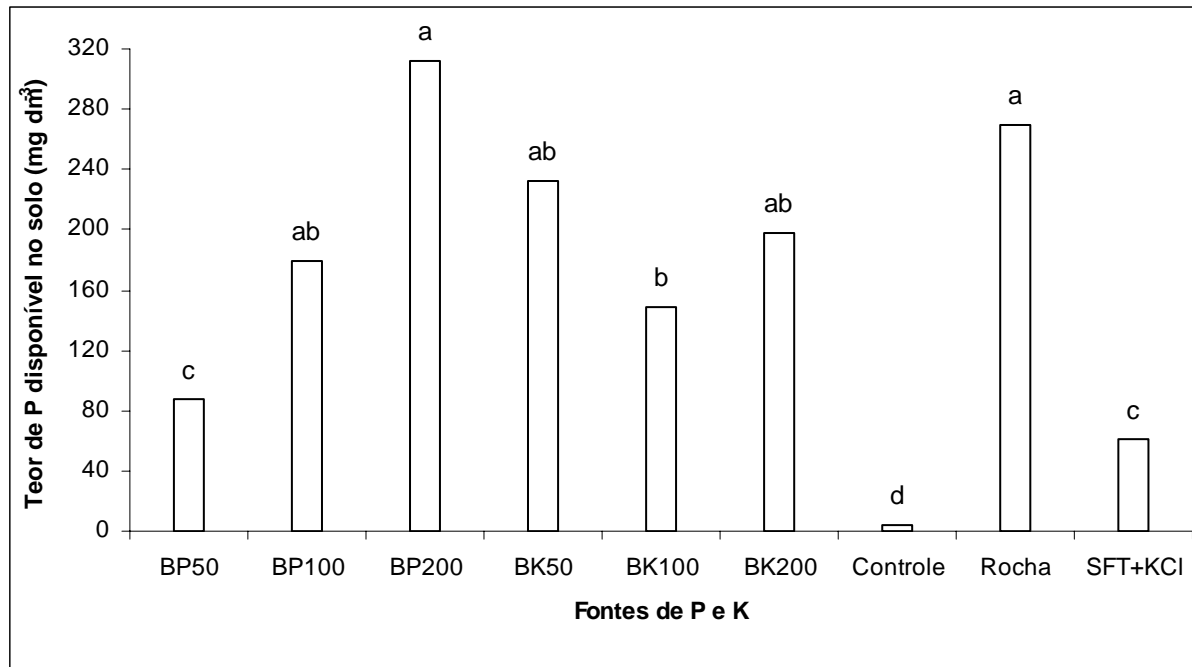


Figura 2. Efeito dos biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico) e tratamentos adicionais no teor de P em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE, após a colheita do melão. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) = 75,93.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente.

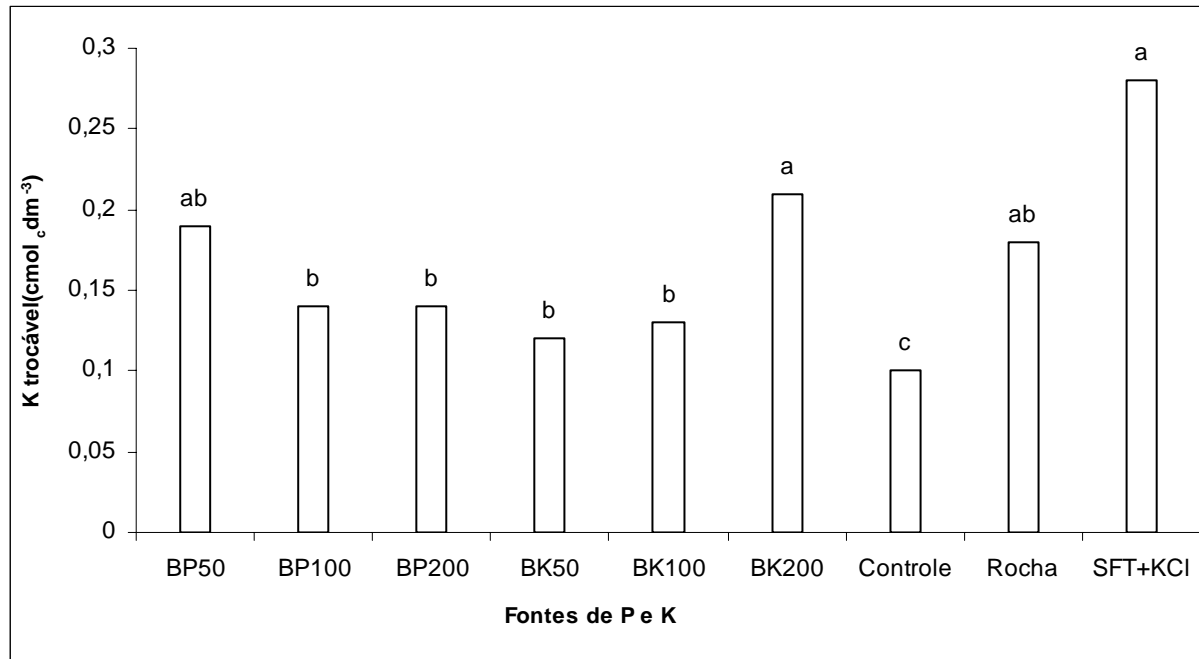


Figura 3. Efeito dos biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico) e tratamentos adicionais no teor de K trocável em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE, após a colheita do melão. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) = 41,80.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente

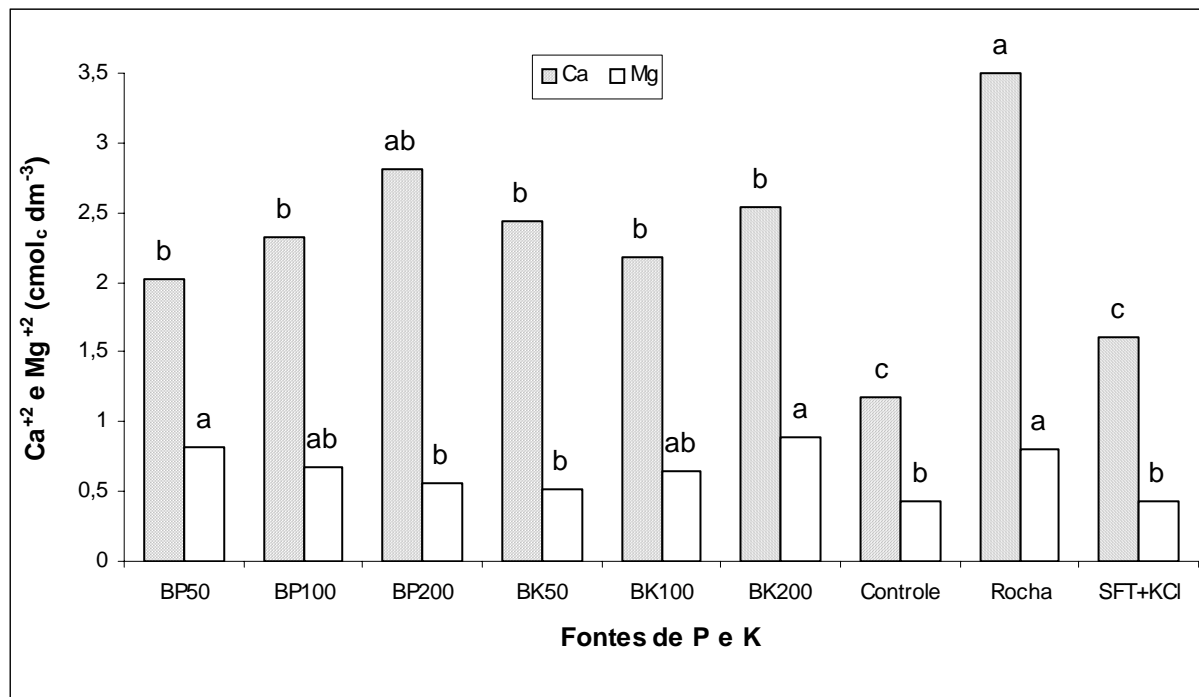


Figura 4. Efeito dos biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico) e tratamentos adicionais no teor de Ca⁺² e Mg⁺² trocáveis em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE, após a colheita do melão. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P = 0,05). C.V. (%): Ca⁺² = 31,78; Mg⁺² = 40,57.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente

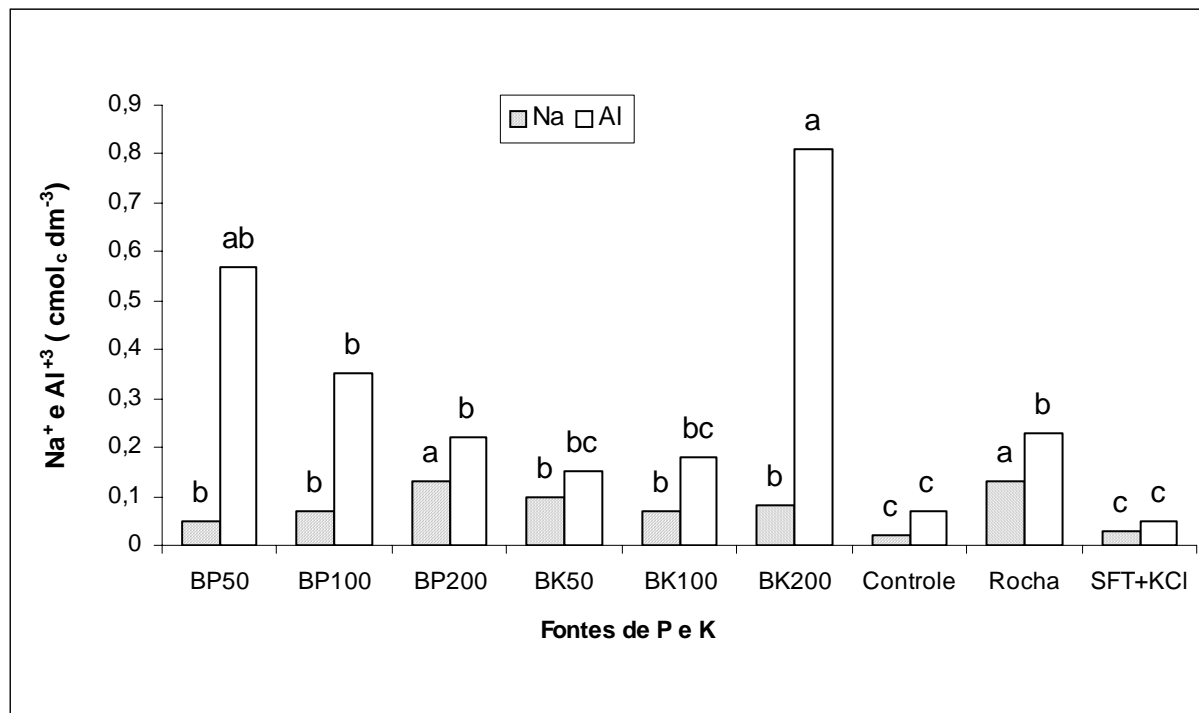


Figura 5. Efeito dos biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico) e tratamentos adicionais no teor de Na⁺ e no Al³⁺ trocáveis em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE, após a colheita do melão. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P = 0,05). C.V. (%): Na⁺ = 56,62; Al³⁺ = 33,1.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente.

Capítulo 2

Trabalho enviado para Revista PAB:

**Uso de biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas com
Acidithiobacillus em melão no Vale do São Francisco**

Uso de biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas com *Acidithiobacillus* em melão no Vale do São Francisco*

Patrícia Maia de Moura¹, Newton Pereira Stamford² *, Luíza Helena Duenhas³, Carlos Alberto Tuão Gava³

RESUMO - Biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* foram comparados com fertilizantes convencionais em Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco, no meloeiro. Usou-se o fatorial 3^2+3 , em blocos casualizados, com biofertilizante fosfatado e potássico, aplicados nos níveis (50%, 100% e 200% da recomendação), mais os tratamentos adicionais: rochas (RP+RK), fertilizantes convencionais (SFT+KCl) e controle (P_0K_0). Determinaram-se: peso médio e produtividade de frutos, biomassa seca da parte aérea, SST, ATT, firmeza de polpa, vitamina C, e P, K, Ca, Mg e SO_4^{-2} nas folhas. Utilizou-se o Programa SAS comparando as médias pelo teste de Tukey. Verificou-se efeito da fertilização com P e K no peso médio de frutos, na produtividade, e no acúmulo de nutrientes nas folhas. Não houve efeito da fertilização com P e K na biomassa de folhas, brix, vitamina C, firmeza de polpa e ATT. Os melhores resultados para o peso médio dos frutos foram com aplicação da mistura dos fertilizantes convencionais e das rochas (com S) e com os biofertilizantes (BK) e (BP). A mistura de rochas e os fertilizantes convencionais obtiveram os maiores valores de produtividade. Para P, K e Mg total, os melhores resultados foram com BP₂₀₀. Para S total (SO_4^-) nas folhas os menores resultados foram com o controle, e com a mistura SFT+KCl.

Termos para indexação: *Cucumis melo*, absorção de nutrientes, fertilização com P e K, oxidação do enxofre, produtividade do melão

¹ Eng. Agr., aluna do Mestrado em Ciência do Solo da UFRPE, Recife-PE. ² * Eng. Agr. Ph.D., UFRPE, Av. D. Manoel de Medeiros, s/nº, CEP 52171-900, Recife-PE. ³ Eng. Agr. Ph.D., Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. * Autor para correspondência, E-mail: newtonps@ufrpe.br

*Pesquisa financiada pelo PRODETAB/Banco Mundial.

ABSTRACT - Rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* were compared with PK fertilizers in Haploxeralf soil of São Francisco Valley, on melon. A factorial 3^2+3 in blocks design with biofertilizer (BP) and biofertilizer (BK) applied using 50%, 100% and 200% of recommended levels were used, plus additional treatments: rocks (RP+RK), fertilizers (TSP+KCl) and control treatment (P_0K_0). Weight and yield of fruits, dry biomass of the aerial part, soluble solids content, fruit texture in total titratable acidity, C vitamin and P, K, Ca, Mg and SO_4^- in leaves were determined. The analyses of variance used the SAS program and averages were compared using Tukey test. Effect of fertilization on weight and yield of fruits, and on nutrient uptake in leaves was observed and not verified effects in leaves biomass, soluble solids content, C vitamin, fruit texture in and total titratable acidity. Best results on weight were obtained when applied TSP+KCl and rocks (RP+RK) with S and biofertilizers (BK) and (BP). The conventional mixture of rocks and fertilizers had gotten the biggest values of yield of fruits. For total P, K and Mg the best results were obtained with BP200. Total (SO_4^-) in leaves showed low values when applied TSP+KCl and the control treatment.

Index terms: *Cucumis melo*, melon yield, P and K uptake, P and K fertilization, sulfur oxidation

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o melão é a espécie olerícola, que tem apresentado maior expansão no país, principalmente em regiões semi-áridas que oferecem condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. Atualmente, 70% dos melões produzidos no Brasil são do tipo amarelo, pertencente ao grupo botânico “Inodorus” e os 30% restantes da produção são de melões considerados nobres (Silva et al. 2000).

As plantas possuem, em média, cerca de 5% de nutrientes minerais na matéria seca, porém existem grandes diferenças entre espécies, e as quantidades totais exigidas por uma cultura dependem da produtividade. Por outro lado, a absorção de nutrientes é diferente de acordo com a fase de desenvolvimento da planta, intensificando-se com o florescimento, a formação e o crescimento dos frutos (Haag et al., 1981).

Com relação a qualidade em frutos de melão as principais características relacionadas são: à precocidade e concentração de produção, aparência externa e interna, qualidade de polpa e resistência ao armazenamento. A qualidade de polpa é influenciada pelo teor de açúcares, aroma, textura, firmeza e coloração, sendo o teor de açúcares influenciado, principalmente, pelo conteúdo de sacarose. Comercialmente, frutos com teores de sólidos solúveis totais (SST) entre 12-15 são considerados como de excelente qualidade; mas teores próximos de 9 são considerados aceitáveis para o mercado nacional (Odet, 1992; McCreight et al., 1993; Gogatti Neto et al.; 1994; Silva et al.; 2000).

Devido a conscientização ambiental, crescente nos últimos anos, e a escassez de matérias primas para produção de fertilizantes químicos, cresce a tendência de reaproveitamento de resíduos urbanos, industriais e agrícolas, com o intuito de diminuir a poluição do ambiente e criar produtos alternativos para uso na agricultura, como os fertilizantes organominerais, bem como a utilização de rochas fosfatadas e potássicas para a produção de biofertilizantes, após a atuação de microrganismos produtores de ácidos, como as bactérias oxidantes do enxofre do gênero *Acidithiobacillus*.

Bactérias, fungos e actinomicetos, envolvidos nos processos de solubilização do P inorgânico, excretam ácidos orgânicos que atuam dissolvendo diretamente o material fosfático ou formando quelatos com os cátions que acompanham o ânion

fosfato (Kucey, 1983). A ocorrência de microrganismos solubilizadores de fosfato e sua capacidade de solubilização estão intimamente relacionadas ao tipo e ao manejo do solo (Kucey, 1983; Nahas et al., 1994).

O uso de biofertilizantes fosfatados, produzidos a partir de rochas encontra-se bem estabelecido (Stamford et al. 2004a, 2004b), entretanto com relação ao uso de rochas potássicas como fonte deste nutriente para as plantas, mediante à atividade de microrganismos, a literatura ainda é muito escassa, apesar da grande potencialidade de utilização deste nutriente na agricultura. Dentro desse contexto, procurou-se avaliar a atuação de biofertilizantes produzidos a partir de rochas fosfatadas e potássicas com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, em melão irrigado cultivado no Vale do São Francisco, comparando com os fertilizantes convencionais e as rochas fonte, com adição de enxofre elementar sem *Acidithiobacillus*, mediante a análise de aspectos qualitativos e quantitativos da produção e sobre a nutrição das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento em campo foi realizado em lote de produtor rural, localizado no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho – DISNC, em Petrolina, coordenadas em UTM: 24L0329749 e 8969241, altitude 400m, na região semi-árida do estado de Pernambuco, Brasil. O clima regional é do tipo BSw^h, de acordo com a classificação de Köppen (Teixeira, 2001). O solo usado, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999a), foi 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 três repetições. Foram utilizadas duas fontes de biofertilizantes: 1) biofertilizante fosfatado (BP) e 2) biofertilizante potássico (BK), sendo cada fonte aplicada em 3 níveis, correspondentes a 50%, 100% e 200% das quantidades recomendadas para o superfosfato triplo (SFT) e para o cloreto de potássio (KCl), respectivamente. Os tratamentos adicionais foram: 1) controle sem adição de P e K (P_0K_0); 2) rocha fosfatada (RA) e rocha potássica (RB) com adição de enxofre e sem inoculação com *Acidithiobacillus*; e 3) fertilizantes convencionais com P (superfosfato triplo) e com K (cloreto de potássio), aplicados de acordo com a recomendação para a cultura do melão irrigado (IPA, 1998). As rochas utilizadas na produção dos biofertilizantes foram: rocha fosfatada apatita (apatita de Irecê, Bahia,

com 24 % de P_2O_5) e a rocha potássica denominada de biotita (biotita xisto de Santa Luzia, Paraíba, com 8 -10 % de K_2O total). As rochas moídas foram aplicadas nos níveis correspondentes ao dobro do recomendado.

Na produção dos biofertilizantes foi adicionado enxofre equivalente a 100 kg de S por 1000 kg de rocha, inoculado com a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus*. A bactéria foi cultivada em meio específico 9K em Erlenmeyers de 2000 mL, contendo 1000 mL de meio, colocados em agitação a 150 rpm, por 5 dias a 28 – 30^o C. O material foi esterilizado a 120^o C, por 30 minutos, em autoclave horizontal com capacidade total para 40 L. A adição de *Acidithiobacillus* foi realizada da seguinte forma: para cada camada com 1000 kg de rocha (fosfatada ou potássica), foi realizada a mistura homogênea com enxofre (100 kg) em quatro camadas. Em seguida adicionou-se a cultura de *Acidithiobacillus* diluída em água filtrada, na proporção de 1,5 L para cada 10 L de água, usando-se um pulverizador de pressão com capacidade para 12 L. Antes da colocação do material o canteiro foi revestido com lona plástica, com a finalidade de evitar acúmulo de água através de excesso de precipitação, e manter a bactéria no escuro para ativar o processo da produção de ácido sulfúrico. Diariamente o material foi irrigado para a manutenção da umidade próxima à capacidade de campo e recoberto, durante o período de incubação (60 dias). Depois de produzidos, os biofertilizantes foram colocados para secagem na temperatura ambiente, peneirados, ensacados e armazenados, e oportunamente, conduzidos para o local do experimento, para aplicação no campo.

Nos dois biofertilizantes, após os sessenta dias de incubação, foram realizadas as análises químicas de acordo com a Embrapa (1999b), cujos resultados são apresentados na Tabela 1. As determinações foram realizadas em amostras compostas, com coletas em cada cinco sacos, de cada biofertilizante, com seis repetições.

No preparo da área realizou-se o desmatamento seguido de gradagem e sulcamento, para a adição dos respectivos tratamentos. Foram coletadas amostras na camada de 0-20 cm, e os resultados das análises químicas e física (Embrapa, 1997) são apresentados na Tabela 2. Foi realizada a calagem utilizando calcário Itacal (PRNT 80%). No cálculo da quantidade de calcário foi usado o método de saturação de bases, seguindo as recomendações de Souza e Lobato (2004), visando aumentar a saturação de bases para 80%.

Foram utilizadas sementes do híbrido “AF-682” (Sakata), após a realização do teste de germinação, sendo produzidas mudas com o semeio de uma semente por célula de isopor.

A irrigação foi procedida com base no método dos tensiômetros, instalados no solo a 20 cm de profundidade, e a 10 cm dos emissores (gotejadores), seguindo as recomendações de Sousa et al. (1999). A tensão da água no solo foi mantida próxima da capacidade de campo, devido a incidências de chuvas, intensas e atípicas na região no Vale do São Francisco no período desenvolvimento da cultura do melão.

Oito dias após a emergência (DAE), enquanto esperava-se o crescimento adequado das mudas, realizou-se a fertilização com P e K, sendo aplicado 40 kg.ha⁻¹ de K₂O e 160 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, correspondentes ao 100% da recomendação para a cultura do melão irrigado (IPA, 1998).

O melão foi cultivado em sulcos com 10 m de comprimento, com 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, tinha uma área total de 80 m², composta por 80 plantas, e área útil com 36 m² (36 plantas), totalizando o experimento uma área de 2880 m².

Após o transplante das mudas para o campo, em todos os tratamentos foram feitas aplicações semanais de N (100 kg.ha⁻¹ durante todo o ciclo), na forma de uréia e nitrato de cálcio, com distribuição no ciclo da cultura, seguindo a recomendação de Bar-Yosef (1999), adaptada por Faria e Fontes (2003), através de fertirrigação por gotejamento. Realizou-se, semanalmente, aplicações de trichoderma (mistura de 4 tipos de isolados de fungos), via fertirrigação, colocando-se 40 litros de água para 2 litros do produto. Também, por pulverização manual, aplicou-se: calda bordaleza; adubação foliar com Zinco(Zn) e Molibdato de sódio (Na₂MoO₄.2H₂O – P.A.); mistura de alho e ácido húmico (para controle de formigas); óleo de peixe e óleo de Neen (para controle de pulgões). Vale salientar que, no experimento foram tomados todos os cuidados de manejo fitossanitário, exigidos para a cultura do melão.

A colheita foi realizada em apenas uma tiragem de frutos, aos 70 dias após a emergência (DAE), quantificando-se a produtividade total. A produção de frutos foi considerada por parcela (kg ha⁻¹), determinando-se também o peso médio dos frutos (kg planta⁻¹). Em cada parcela experimental foram selecionados 3 frutos, ao acaso dentro da área útil, que foram conduzidos para análise das características relacionadas com os aspectos qualitativos da cultura do melão: a) Teor de sólidos

solúveis totais (SST) foi determinado no suco homogeneizado usando refratômetro digital (modelo PR-100, Palette, Atago Co., LTD., Japan), com compensação de temperatura, de acordo com a AOAC (1992), expresso em °Brix; b) Firmeza de polpa: medida no mesocarpo com uma força constante na parte mediana do fruto usando penetrômetro (modelo McCormick FT 327), com leitura máxima 30 lb/pol², com plunger de ponta cilíndrica (8mm de diâmetro). O fruto foi dividido longitudinalmente em duas partes, e foram feitas duas leituras (uma em cada lateral do centro da fatia), com resultados em lb/ pol², convertidos para Newton (N); c) Teor de vitamina C, de acordo com Strohecker e Henning (1967), com os resultados expressos em mg/100 mL de suco; d) Acidez total titulável (ATT), por titulometria com solução de NaOH 0,1 N, (Instituto Adolfo Lutz, 1985), resultados expressos como ácido cítrico no suco (g/100mL). Na parte aérea foram determinados os teores de P, K, Mg e SO₄⁻², de acordo com a metodologia da Embrapa (1999b).

Na análise de variância, utilizou-se o Programa SAS versão 8.0, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os tratamentos com aplicação de BP e BK sempre foram aplicados como mistura (BP+BK), entretanto, como não houve diferença significativa para o biofertilizante em nível fixo, aplicado conjuntamente com níveis crescentes, denominou-se os tratamentos como: 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

Observando-se a Figura 1, verifica-se resposta positiva da fertilização com P e K, quando comparado com o tratamento controle (sem fertilização – P₀K₀). Por outro lado não se observou diferença significativa entre os tratamentos de fertilização com fósforo e potássio. Mesmo assim, houve tendência de maior produtividade com a aplicação da mistura com fertilizantes convencionais e da mistura de rochas.

O efeito observado para a mistura das rochas pode ter sido em função de que as mesmas foram usadas com adição de enxofre elementar, sem inoculação com *Acidithiobacillus*. Provavelmente deve ter havido participação efetiva das bactérias oxidantes do enxofre nativas do solo, que contribuem na solubilização de P e K

(Santos, 2002), que efetivamente promoveram aumento no desenvolvimento da planta.

Stamford et al. (2005), usando rocha fosfatada natural (apatita de Gafsa) com adição de enxofre, com e sem inoculação com *Acidithiobacillus*, constataram que houve aumento na produção de biomassa da parte aérea de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), com aplicação de rocha com enxofre, com e sem *Acidithiobacillus*, embora se obtendo maior efeito quando realizada a inoculação com a bactéria.

Com relação ao peso médio dos frutos os dados obtidos encontram-se na Figura 2. Observou-se que, da mesma forma verificada para a produtividade houve efeito positivo da fertilização com P e K, comparando com o tratamento controle, e que os tratamentos com aplicação de P e K não apresentaram diferença entre si. Todavia verificou-se que com aplicação da mistura de fertilizantes convencionais, e com as rochas inoculadas com *Acidithiobacillus* foram obtidos os melhores resultados. Duenhas (2004) em cultivo orgânico com aplicação de esterco, biofertilizantes orgânicos e substâncias húmicas (via fertirrigação), encontrou peso médio de fruto de melão variando de 1,1 a 1,4 kg fruto⁻¹, sendo semelhantes aos resultados encontrados no presente trabalho.

Para a biomassa seca da parte aérea, pode ser observado que não houve efeito dos tratamentos com aplicação de P e K, entre si, nem quando comparado com o controle (P₀K₀), na biomassa seca da parte aérea (Figura 3). Entretanto, mesmo sem apresentar diferença significativa, os melhores resultados foram obtidos com aplicação do biofertilizante com P, no maior nível (BP200) e com a mistura de rochas (RP+RK). Lima (2005), aplicando biofertilizantes com P e K verificou resposta na cultura da cana-de-açúcar, cultivada em solo de tabuleiro da Zona da Mata de Pernambuco, inclusive com resultados superiores ao tratamento com aplicação de fertilizantes convencionais (SFT+KCl).

Com relação ao P acumulado na parte aérea do melão, observou-se diferença significativa em função da fertilização com P e K, comparando com o controle (P₀K₀), (Figura 4). Também houve efeito diferenciado entre os tratamentos com adição de P e K, sendo os melhores resultados obtidos com aplicação da mistura de fertilizantes convencionais 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 convencionais e rocha fosfatada natural, em jacatupé, caupi e sabiá, respectivamente. Lima (2005) também verificou efeito positivo de biofertilizantes com P e K, comparados com fertilizantes convencionais

(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.

De acordo com Lombardi (1981) houve efeito do fosfato Alvorada com adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* na acumulação de P total e no desenvolvimento do capim-colonião, tendo as bactérias nativas do solo promovido atuação tão efetiva quanto o tratamento com adição de *Acidithiobacillus*.

Vale salientar que na literatura existem poucos trabalhos com referência 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) 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, provavelmente este fato foi em função do menor crescimento das plantas, devido as condições climáticas atípicas no local do experimento, no período de desenvolvimento vegetativo da cultura, apresentados na Figura 6.

Os resultados para S (SO₄⁻²) são apresentados na Figura 4. Pode ser observado que houve efeito da fertilização com P e K, comparando com o tratamento controle, e também comparando os tratamentos de fertilização entre si. Verifica-se que os biofertilizantes BP e BK, e a mistura de rochas, nos quais foi adicionado enxofre elementar, respectivamente com e sem inoculação com *Acidithiobacillus*, apresentaram maior quantidade de SO₄⁻² na parte aérea do melão. Belfort (1985), trabalhando com meloeiro, obtiveram concentração média de SO₄⁻² 6,6 g kg⁻¹, e no presente trabalho a concentração de SO₄⁻², nos tratamentos com biofertilizantes e com rochas variou de 8,7 a 7,6 g kg⁻¹ (Tabela 2 - anexo) enquanto os tratamentos sem adição de enxofre (fertilizantes convencionais e o controle) mostraram em concentração média 5,9 a 5,4 g kg⁻¹, respectivamente.

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

Com referência ao magnésio acumulado na parte aérea do meloeiro houve efeito da fertilização em comparação com o tratamento controle (P₀K₀), e com aplicação de BP50 e a mistura com os fertilizantes convencionais. Os melhores resultados foram encontrados com aplicação de biofertilizante com P (BP200) e com

a mistura das rochas RP+RK. Estes resultados podem ter ocorrido devido ao magnésio contido nas rochas, que provavelmente foi disponibilizado, devido à atuação da bactéria oxidante do enxofre aumentando a acidez no solo, conseqüentemente promovendo maior acumulação de magnésio na parte aérea do melão.

Belfort (1985) encontrou valores médios para Mg acumulado na parte aérea do meloeiro, de 1,9 g por planta, no final do ciclo da cultura, enquanto no presente trabalho os maiores resultados foram em torno de 0,6 g por planta. Da mesma forma considerada para o P total acumulado, este fato deve estar relacionado com o menor desenvolvimento do melão nas condições atípicas ocorridas no Vale do São Francisco, durante o decorrer da fase vegetativa da cultura.

Com referência a parâmetros que avaliam qualidade dos frutos, como: sólidos solúveis totais (SST), vitamina C, firmeza de polpa, acidez total titulável (ATT) e número de frutos (por área útil), os resultados encontram-se relacionados na tabela 1 (anexo). De uma maneira geral, os dados obtidos não mostraram significância estatística com relação ao efeito da fertilização com P e K.

CONCLUSÕES

1. O biofertilizante com P no maior nível e a mistura de rochas foram os tratamentos que promoveram o maior acúmulo de P, SO_4^{-2} , K e Mg total na parte aérea do meloeiro;
2. O fertilizante convencional, os biofertilizantes e a mistura de rochas não diferiram na produtividade de frutos e no peso médio de frutos, exceto para o tratamento controle.
3. Ocorreu efeito da bactéria *Acidithiobacillus* na oxidação do enxofre adicionado e na disponibilização de nutrientes contidos nas rochas, especialmente para P, K, Mg.
4. Pode ser sugerido continuar a experimentação com a finalidade de avaliar o efeito residual dos tratamentos com P e K utilizados, inclusive considerando a condição climática atípica na região, durante o período experimental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 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) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pelo auxílio para a realização da Pesquisa.

REFERÊNCIAS

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**. 1985, 72 p. Tese (Doutorado em Agronomia, área de Solos e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 1985.

DUENHAS, L.H. **Cultivo orgânico de melão: Aplicação de esterco e de biofertilizantes e substâncias húmicas via fertirrigação**. 2004. 73p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999a. 412p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 1 ed. Brasília: Comunicação para transferência de tecnologia, 1999b. 370p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de solo**. 2 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FARIA, C. M. B; FONTES, R. R. Nutrição e adubação. In: SILVA. H.R; COSTA. N.D. **Melão produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2003. p. 40-50.

GORGATTI NETO, A.; GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; GARCIA, E.E.C.; GARCIA, A.E.;ARDITO, E.F.G.; BORDIN, M.R. **Melão para exportação: Procedimentos de colheita e pós colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.37.

HAAG, P. H.; OLIVEIRA, G. D. de; BARBOSA, V.; SILVA NETO, J. M. de. Marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill) destinado ao processamento industrial. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Cargill, 1981. p. 447-474.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo, 1985. v.1, 371p.

IPA. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2. ed. Recife: 1998.

KUCEY, R. M. N. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.63, n.4, p.671-678, 1983.

McCREIGHT, J.D.; NERSON, H.; GRUMET, R. Melon. In: KALLOO, G.; BERGH,B.O. **Genetic improvement of vegetable crops**. p.267-294, 1993.

LOMBARDI, M.L.C.O. **Dissolução de três fosfatos naturais através da atividade microbiológica do enxofre**. 1981. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIMA, R.A. **Biofertilizantes produzidos com fosfato natural e enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* em solo de tabuleiro com baixo P disponível cultivado com cana-de-açúcar**. 2005. 69p. Dissertação (Mestrado - Ciência do solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

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.

ODET, J. **Le melon**. Paris: CTIFL, 1992. 295p.

SILVA, H.R.; SILVA, H.R.; MAROQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, R.A.; LEOPOLDO, A.O.; RODRIGUES A.G.; SOUZA, A.F.; MAENO, P. **Cultivo do meloeiro para o Norte de Minas Gerais**, Brasília: EMBRAPA, 2000. 24 p. (Circular Técnica, 20).

SANTOS, K.S. **Atuação de fosfato natural com adição de enxofre com *Acidithiobacillus* na solubilização de fósforo e no desenvolvimento de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) em solo de tabuleiro**. 2002. Dissertação (Mestrado – Ciência do solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

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. Cerrada - **Correção do solo e adubação. Informação Tecnológica**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. 416p.

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 caesalpiniiifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.39, n.4, 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**, Viçosa, v.28,n.1, 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, n.9, p.48-53, 2004b.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967, 428p.

TEIXEIRA, A. H. C. **Informações agrometeorológicas do Pólo Petrolina**. Petrolina: Embrapa, 2001.

Tabela 1. Teores de fósforo e potássio (g kg^{-1}), nos biofertilizantes e nas rochas fontes de P e K utilizadas no experimento, usando diferentes métodos de extração¹.

	Análise de K			Análise de P			
	Total	H ₂ O	Mehlich 1	Total	H ₂ O	Mehlich 1	CNA+H ₂ O
	_____ g kg^{-1} _____			_____ g kg^{-1} _____			
Biofertilizante K	15,0	0,5	5,0	ND	ND	ND	ND
Biofertilizante P	2,7	ND	ND	106	4,0	17,0	42
Rocha com K	16,2	0,2	ND	ND	ND	ND	ND
Rocha com P	ND	ND	ND	106	0,4	22,0	55

¹ ND = não determinado.

Tabela 2. Caracterização química e física do Argissolo Acinzentado (2° nível categórico), na profundidade de 0 a 20 cm, antes do plantio.

Atributo químico		Atributo físico	
pH (H ₂ O- 1:2,5)	5,6	Areia (%)	90
MO (g/Kg)	12,31	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 por Bases (V %)	57		

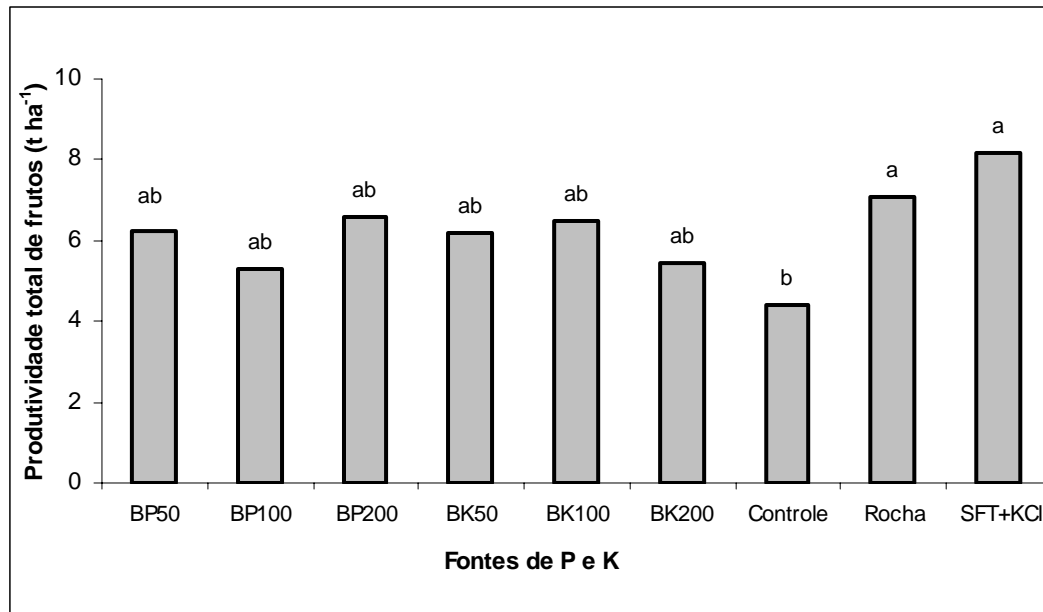


Figura 1. Efeito da aplicação de biofertilizantes⁽¹⁾, (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, na produtividade do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P = 0,05). C.V. (%) = 27,17.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente.

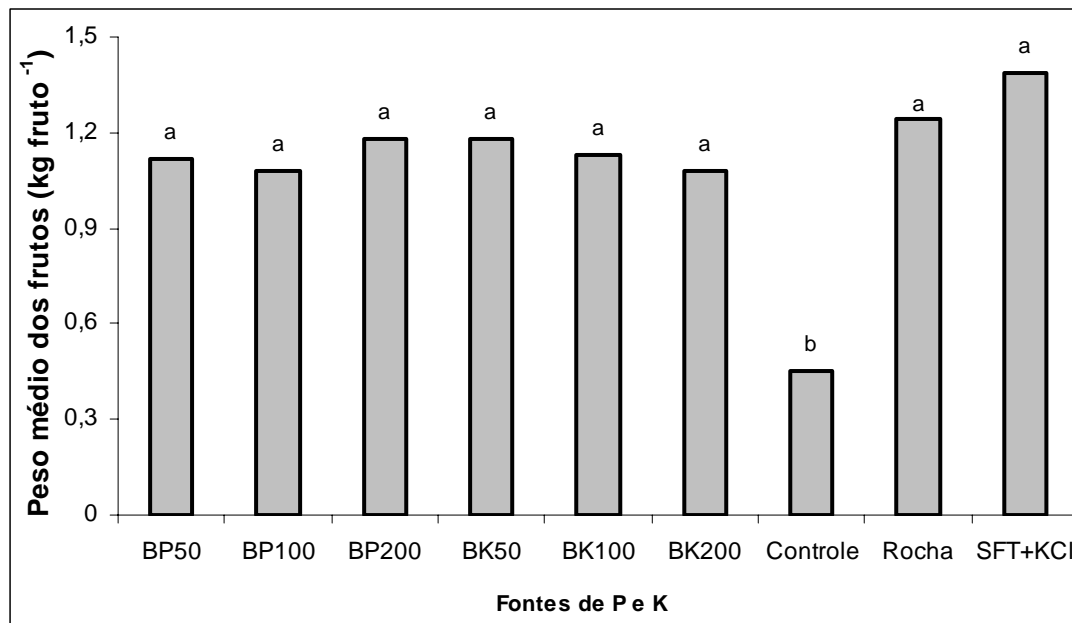


Figura 2. Efeito da aplicação de biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, no peso médio do melão (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P = 0,05). C.V. (%) = 19,90.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente.

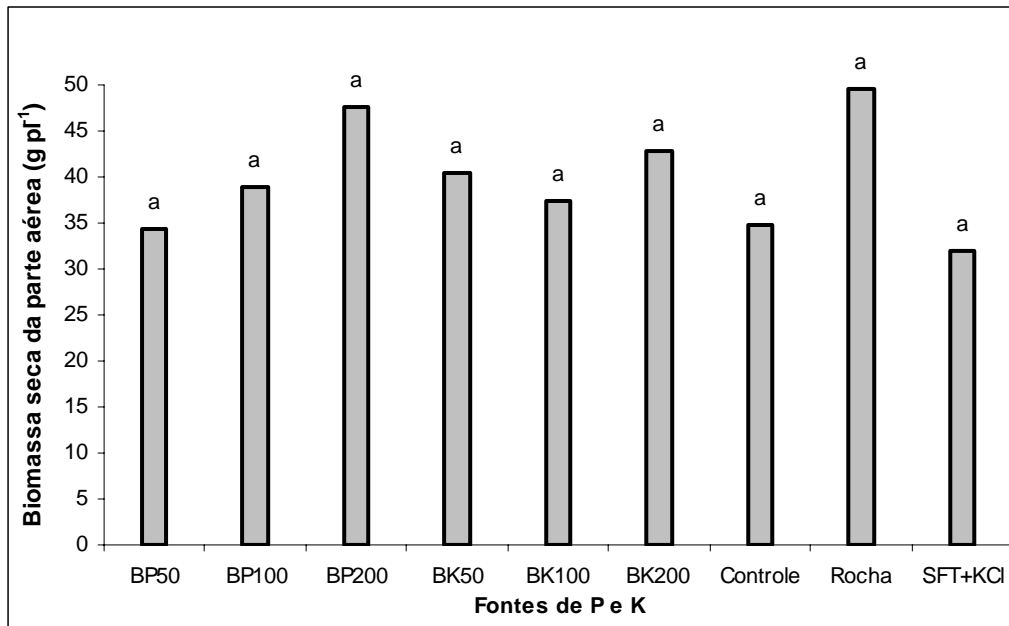


Figura 3. Efeito da aplicação de biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, na biomassa seca da parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) = 35,98.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente.

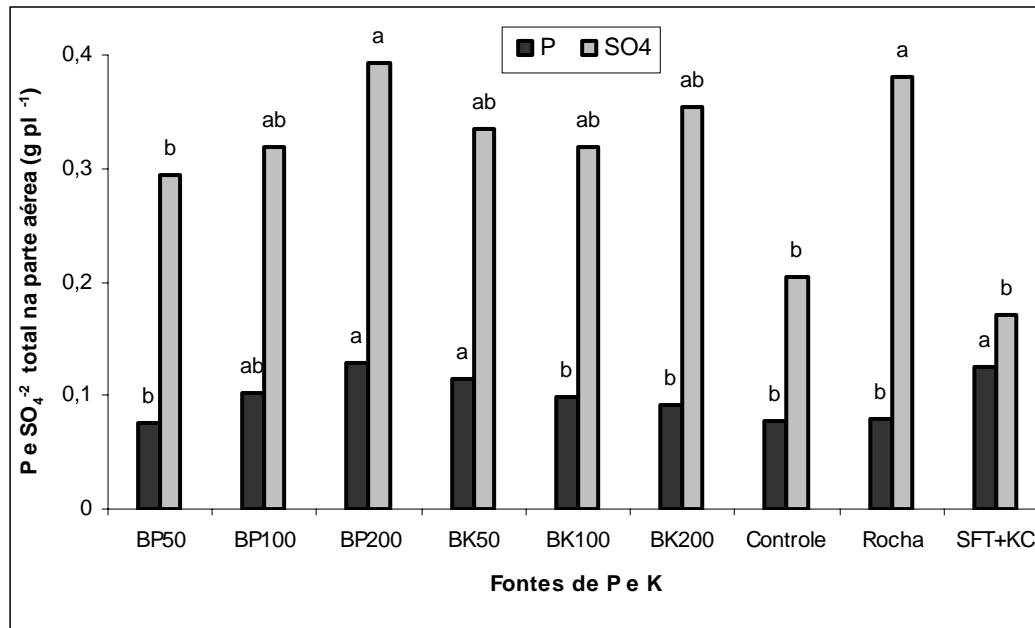


Figura 4. Efeito da aplicação de biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, no acúmulo de P e SO₄⁻², na parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P = 0,05). C.V. (%) P = 41,87 e SO₄⁻² = 36,97. ⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente.

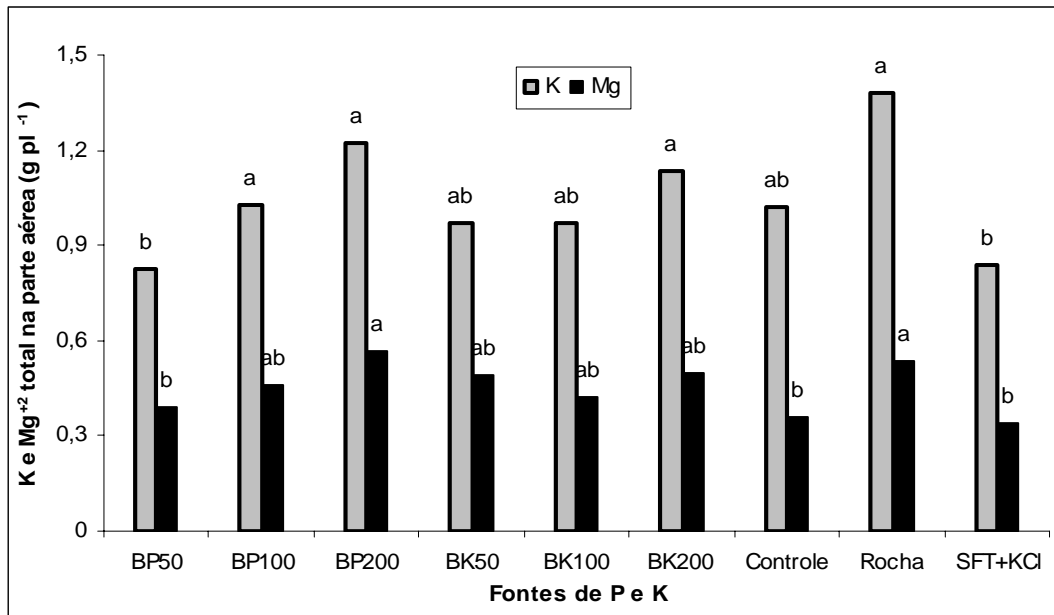


Figura 5. Efeito da aplicação de biofertilizantes⁽¹⁾ (fosfatado e potássico), fertilizantes convencionais e rochas fontes de fósforo e potássio, no acúmulo de K e Mg total na parte aérea do meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE. *Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P = 0,05$). C.V. (%) K = 56,36 e Mg = 37,69.

⁽¹⁾ Os tratamentos BP e BK sempre foram aplicados conjuntamente (BP+BK); como não houve diferença estatística, para simplificação, em cada nível, denominou-se: BP50= BP₅₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP100= BP₁₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₂₀₀); BP200= BP₂₀₀+(BK₅₀, BK₁₀₀, BK₁₀₀); BK50= BK₅₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK100= BK₁₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀, BP₂₀₀); BK200= BK₂₀₀+(BP₅₀, BP₁₀₀ e BP₂₀₀), respectivamente.

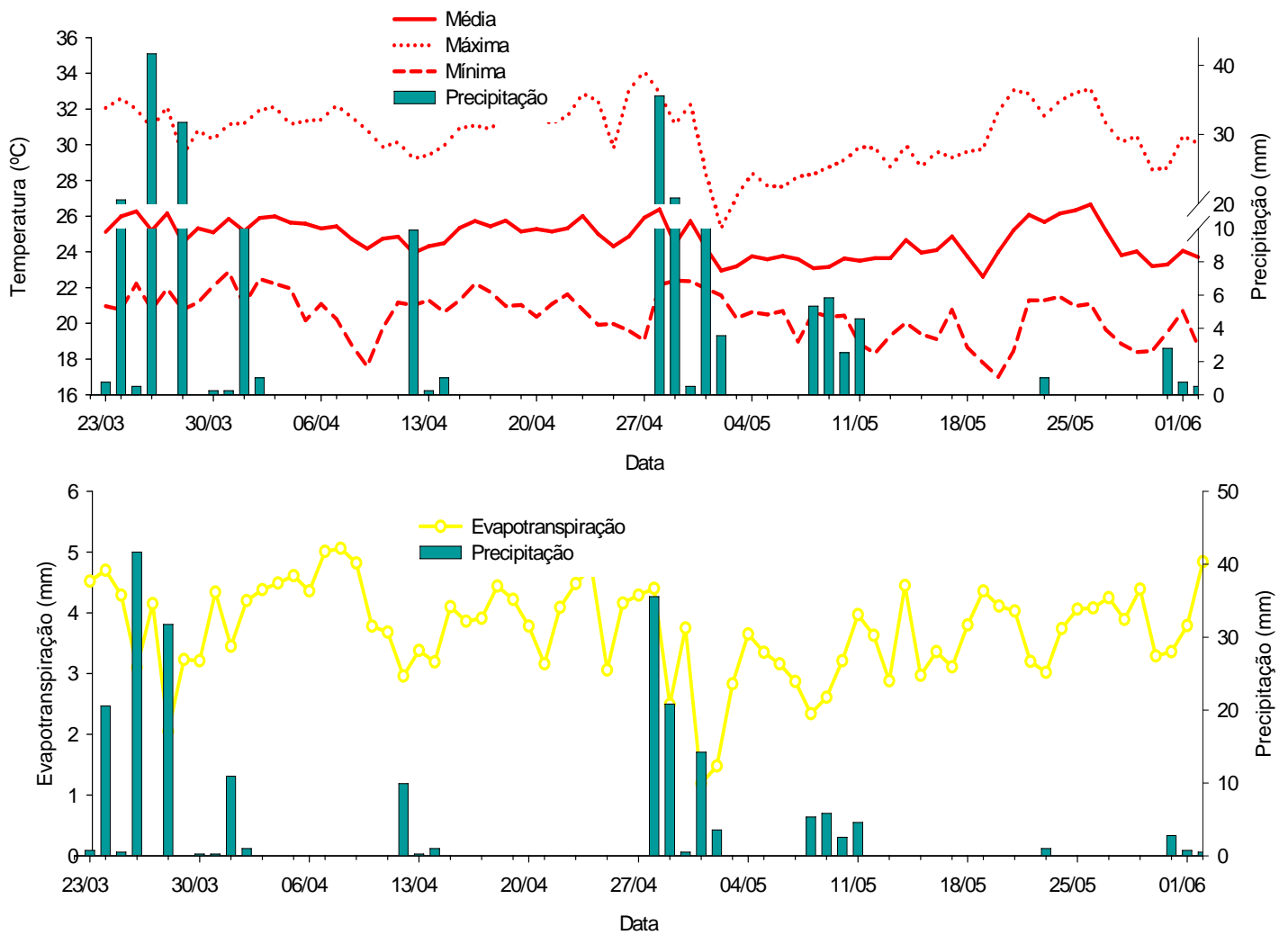


Figura 6. Dados climáticos de temperatura (°C), precipitação (mm) e evapotranspiração (mm), referentes ao período de desenvolvimento vegetativo da cultura no Vale do São Francisco.

CONCLUSÕES FINAIS

O biofertilizante com P no maior nível e a mistura de rochas aumentam a biomassa seca da parte aérea, e a acumulação de P, SO_4^{-2} , K e Mg total na parte aérea do meloeiro; e a mistura dos fertilizantes convencionais com P e K, e das rochas com enxofre respondem na produtividade de e no peso médio de frutos;

Ficou evidenciado o efeito da bactéria *Acidithiobacillus* na oxidação do enxofre adicionado nas rochas e nos biofertilizantes, com aumento na disponibilização de nutrientes, especialmente P, K, Mg no solo;

A aplicação das rochas naturais com enxofre e dos biofertilizantes fosfatado e potássico com enxofre inoculados com *Acidithiobacillus* reduzem o pH do solo, e pode promover solubilização de alumínio trocável, especialmente quando aplicado biofertilizante com K em nível elevado;

É importante continuar a experimentação, especialmente visando avaliar o efeito residual dos tratamentos com P e K.

ANEXOS

Tabela 1. Efeito da aplicação de biofertilizantes, fertilizantes convencionais e das rochas fontes de fósforo e potássio, no número de frutos por área útil, sólidos solúveis totais (SST), vitamina C, firmeza de polpa e acidez total titulável (ATT) no meloeiro (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.

Fertilização - PK	Frutos Nº area útil ⁻¹	SST Brix	Vitamina C mg 100mL ⁻¹	Firmeza de Polpa Newton	ATT g 100mL ⁻¹
<u>Biofertilizante</u>					
- Nível BP50	33,00	8,13	4,25	21,15	0,12
- Nível BP100	32,22	7,52	4,37	22,55	0,10
- Nível BP200	34,67	7,91	4,19	19,89	0,12
- Nível BK50	32,78	8,02	4,25	20,20	0,12
- Nível BK100	34,44	8,38	4,37	20,88	0,11
- Nível BK200	32,67	7,16	4,19	20,51	0,11
Controle	31,33	8,10	4,50	21,13	0,13
Rochas - R200	36,67	8,53	4,50	15,63	0,13
Fertilizante - F100	37,00	8,20	3,96	20,02	0,12
CV (%)	10,14	11,09	17,40	15,74	17,60

Pelo teste de média (Tukey 5%) não houve diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros constantes da tabela.

Tabela 2. Efeito da aplicação dos biofertilizantes, fertilizantes convencionais e das rochas fontes de fósforo e potássio, na concentração de P, K, Mg e SO_4^{-2} na parte aérea do meloeiro sem o fruto (cv. AF 682) em Argissolo Acinzentado (textura média) do Vale do São Francisco, PE.

Fertilização - PK	Concentração			
	P	K	Mg	SO_4^{-2}
	g Kg ⁻¹			
Biofertilizante				
- Nível BP50	2,14	22,92	11,47	8,43
- Nível BP100	2,58	24,71	11,87	8,28
- Nível BP200	2,60	25,89	11,82	8,27
- Nível BK50	2,61	22,02	12,18	8,12
- Nível BK100	2,44	25,74	11,42	8,20
- Nível BK200	2,26	25,76	11,56	8,66
Controle	2,19	24,00	10,40	5,98
Rochas - R200	2,44	26,27	10,87	7,62
Fertilizante - F100	2,57	26,33	10,83	5,37
CV (%)	12,42	33,67	6,90	8,65