

Eficiência e efeito residual de biofertilizantes de rochas com PK e enxofre com *Acidithiobacillus* em alface

Rita de Cássia Matias de Lima; Newton Pereira Stamford; Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos; Mário de Andrade Lira Júnior; Silvio Henrique Lino Dias

UFRPE, Depto. Agronomia, 52171-900 Recife-PE; newtonps@ufrpe.br

RESUMO

Entre agosto e novembro de 2005 foi realizado um experimento em campo, com dois plantios consecutivos de alface (cv. Grand Rapids), em solo do Cariri cearense, visando avaliar a eficiência da fertilização com biofertilizantes de rocha fosfatada (BP) e potássica (BK), em comparação com os fertilizantes minerais superfosfato simples (SFS) e cloreto de potássio (KCl). Os fertilizantes minerais foram aplicados nos níveis recomendados com base na análise de solo para alface (SFS e KCl), e os biofertilizantes em três níveis (BP₁ e BK₁ metade da recomendação; BP₂ e BK₂ nível recomendado e BP₃ e BK₃ uma vez e meia o recomendado para SFS e KCl), e o tratamento controle (P₀K₀) sem aplicação de P e K. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 5², com quatro repetições. Os resultados demonstraram que o desempenho dos biofertilizantes com P e K foi equivalente ao dos fertilizantes minerais, especialmente com aplicação no nível BP₂BK₃. No segundo cultivo ficou evidenciado o efeito residual para produtividade de alface (biomassa fresca da parte aérea), altura, número de folhas, avaliação comercial e acumulação de P e K na parte aérea. Os resultados sugerem que os biofertilizantes de rochas com P e K podem ser usados como alternativa a fertilizantes minerais.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, Cariri cearense, adubos PK, PK disponível, semi-árido.

ABSTRACT

Efficiency and residual effect of PK rock biofertilizers with sulfur and *Acidithiobacillus* on lettuce

Production of rock biofertilizers is a practical process with reduction of energy consumption and increasing nutrients availability in soils. To evaluate the agronomic efficiency and the residual effect of P rock biofertilizer (PB) and potash rock (KB), compared to simple superphosphate (SSP) and potassium chloride (KCl), a field experiment with two consecutive lettuce crops (cv. Grand Rapids) was carried out in a soil at Cariri (Ceará, Brazil), from August to September 2005. The mineral fertilizers were applied in the levels recommended for lettuce (SSP and KCl), and the biofertilizers in three levels (PB₁ and KB₁ half of recommended levels; recommended levels PB₂ and KB₂ and 150% the recommended level PB₃ and KB₃ for SSP and KCl) and a control treatment with no P and K (P₀K₀). The experimental design was a factorial 5² in the randomized block, with four replicates. There was similar performance of the PK rock biofertilizers compared to the mineral fertilizers, especially when the level BP₂BK₃ was applied. The consecutive crop showed residual effect on lettuce yield (fresh shoot biomass), height, number of leaves, commercial evaluation, and P and K accumulation on shoot dry biomass. The results suggest that P and K rock biofertilizers may be used as an alternative in mineral fertilization.

Keywords: *Lactuca sativa* L., Cariri of Ceará, PK fertilizers, available P and K, semiarid.

(Recebido para publicação em 23 de maio de 2006; aceito em 1 de agosto de 2007)

No Brasil, o cultivo de alface em escala comercial vem crescendo de forma rápida, destacando-se os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul e, no Nordeste os estados da Paraíba Ceará e Pernambuco. A alface é uma espécie de hortaliça folhosa de grande expressão na economia, sendo uma das hortaliças de maior consumo e de grande importância para o Brasil. Um aspecto dos mais significativos é a utilização de técnicas de cultivo sem uso de produtos tóxicos para o consumidor e para o meio ambiente, sendo a tradicional cultivar americana Grand Rapids, a que goza de maior preferência em algumas regiões do Brasil (Filgueira, 1982; Marques *et al.*, 2003).

O fornecimento adequado de nutrientes está diretamente relacionado com a

fertilização, onde deve ser de especial importância a disponibilidade de nutrientes para a planta, principalmente em relação ao fósforo e potássio, em plantas de ciclo curto como a alface (Malavolta *et al.*, 2002). Para uma produtividade satisfatória é exigido o uso adequado de fertilizantes e de água, e para a intensificação e especialização de sistemas de produção agrícola, deverão ser incrementadas tecnologias inovadoras e específicas para solos e plantas (Lal, 2000).

O nitrogênio e o fósforo são os nutrientes que mais comumente limitam a produção, por estarem geralmente, no solo em proporções abaixo dos níveis necessários para as plantas. O potássio também é um nutriente exigido em grande proporção, sendo as necessidades muito maiores que as de fósforo, e da

mesma ordem de grandeza que as exigências de nitrogênio, quando se considera a quantidade dos três elementos na planta (Malavolta *et al.*, 2002).

O fósforo aumenta a produtividade e mostra interação significativa com o nitrogênio, enquanto que para potássio nem sempre é constatado efeito elevado na produtividade, tanto aplicado isoladamente, como em combinações com outros nutrientes (Malavolta *et al.*, 2002). Deve ser levado em consideração que o uso de biofertilizantes é importante para o desenvolvimento e produção das culturas, principalmente tendo em vista que o alto custo dos produtos solúveis contribui diretamente para reduzir a possibilidade de aplicação de fertilizantes por agricultores de baixa renda (Sanchez, 2002).

O desenvolvimento e aplicação do manejo integrado de nutrientes, com vista à produtividade e sustentabilidade agrícola implica na redução do uso de fertilizantes solúveis e incremento de outras fontes de nutrientes, como adubação orgânica, fixação biológica do N_2 , em combinação com a reciclagem de resíduos (Santos *et al.*, 2001).

Para a produção de fertilizantes fosfatados solúveis é necessário apreciável gasto de energia e mão de obra especializada. A utilização direta dos adubos naturais é muito restrita, principalmente devido à sua baixa solubilidade, sendo mais usados em misturas com os fertilizantes solúveis (Oliveira *et al.*, 1977). Dentre os fertilizantes, o potássico é o segundo mais utilizado no Brasil, sendo quase inteiramente atendido por importações, calculada em mais de 6 milhões de t, e o País tem como produção atual apenas cerca de 650 mil t (Roberts, 2004).

O uso de microrganismos na solubilização de nutrientes de rocha vem recebendo a atenção dos pesquisadores (Ballesterio *et al.*, 1996; Nahas, 1999). Na solubilização de rochas vêm sendo utilizadas as bactérias oxidantes do enxofre do gênero *Acidithiobacillus* (Kelly & Wood, 2000), que ocorrem naturalmente nos solos agrícolas; entretanto, alguns 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 (Oliveira *et al.*, 1977, Lombardi, 1981). Por outro lado, a adição da bactéria em concentração conhecida e aplicada diretamente no enxofre, deverá promover ação mais rápida e eficiente, favorecendo o desenvolvimento das plantas (Stamford *et al.*, 2003, 2004, 2005 e 2006). O ácido sulfúrico produzido na reação microbiana pode atuar no fosfato natural disponibilizando nutrientes, bem como promovendo redução no pH (He *et al.*, 1996; Stamford *et al.*, 2002).

O objetivo principal do presente trabalho foi verificar a eficiência e o poder residual de biofertilizantes produzidos com rocha fosfatada (apatita) e com rocha potássica (biotita xisto), mais enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, comparando com os fertilizantes solúveis

superfosfato simples e cloreto de potássio, em alface cultivada em dois ciclos consecutivos em solo do Cariri cearense com baixo P e médio K disponíveis.

MATERIAL E MÉTODOS

No experimento foram utilizados os biofertilizantes (BP), produzidos a partir de rocha fosfatada (apatita de Irecê, Bahia), e (BK) a partir de rocha potássica (biotita xisto, Paraíba), com adição de enxofre elementar, inoculado com a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus*. Os biofertilizantes foram produzidos em condições de campo, na horta experimental da UFRPE, utilizando canteiros com 10 m de comprimento, 1 m de largura e 0,5 m de profundidade, seguindo a metodologia descrita por Moura (2006).

O experimento foi conduzido na horta da Escola Agrotécnica Federal de Crato, Ceará, em solo com baixo P disponível e médio K disponível, representativo da região do Cariri, classificado como Latossolo Amarelo húmico, textura média argilosa, fase floresta tropical, sub-perenifolia, com relevo suavemente ondulado. A camada de 0-20 cm do solo apresentou os atributos químicos: pH (H_2O) 6,2; cations trocáveis ($cmolc\ dm^{-3}$) Ca^{2+} 2,0; Mg^{2+} 0,8; K^+ 0,2; Al^{3+} 0,0; P ($mg\ dm^{-3}$) 0,6 e M.O. ($g\ kg^{-1}$) 2,6.

Como planta teste utilizou-se a alface (cv. Crespa Grand Rapids). Na adubação orgânica básica aplicou-se o vermicomposto de minhoca, tendo como produto base o esterco de curral, aplicado na dose de $600\ g\ m^{-2}$, conforme quadro de utilização do húmus para hortaliças da empresa Febra Húmus (registrada na SAG, PE). O vermicomposto contém: 0,5 $g\ kg^{-1}$ de N total; e solúvel em água, 2 $mg\ kg^{-1}$ de P; 5 $mg\ kg^{-1}$ de K, e apresenta pH 7,9. Foram realizadas duas aplicações, sendo a primeira no plantio ($300\ g\ m^{-2}$) e 15 dias após o transplante das mudas foi feita a segunda aplicação ($300\ g\ m^{-2}$).

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5^2 , sendo dois nutrientes: fósforo (P) e potássio (K). Como fontes de P usou-se: 1) quantidade de SFS, calculada com base na recomendação para alface (IPA,

1998), de acordo com a análise do solo; 2) biofertilizante (BP_1) correspondente à metade do calculado como SFS; 3) biofertilizante (BP_2), equivalente à quantidade usada como SFS; 4) biofertilizante (BP_3) 1,5 vez a quantidade calculada para SFS; e 5) controle, sem adição de P (P_0). Como fontes de K usou-se: 1) quantidade de KCl, calculada com base na recomendação para alface (IPA, 1998), de acordo com a análise do solo; 2) biofertilizante BK_1 (nível correspondente à metade do calculado como KCl); 3) biofertilizante BK_2 (equivalente ao recomendado como KCl); 4) biofertilizante BK_3 1,5 vez a quantidade recomendada para KCl; e 5) controle sem adição de K (K_0).

Os tratamentos com P e K foram adicionados juntamente com a primeira aplicação do vermicomposto de minhoca ($300\ g\ m^{-2}$), após homogeneização manual, para facilitar a distribuição dos fertilizantes, que foram aplicados a lanço. A solubilidade dos fertilizantes e dos biofertilizantes foi feita em água, citrato de amônio (C.N.A.), e em ácido cítrico a 2%, (Tedesco *et al.*, 1985), com o extrator Mehlich 1 (Embrapa, 1997) e pelo método biológico com *Aspergillus sidowii* (Dias *et al.*, 2005).

As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno de 128 células, preenchidas com o substrato "plantmax" usado pelos horticultores que trabalham na área onde foi conduzido o experimento. O transplante da sementeira para o campo foi realizado quando as plantas atingiram a altura de 8 a 10 cm e com 5 a 6 folhas definitivas (cerca de 30 dias). Nos canteiros o espaçamento adotado foi de 0,25 cm x 0,25 cm, compreendendo 5 plantas por fileira e 25 plantas por parcela. As mudas permaneceram no campo por 30 dias sendo irrigadas duas vezes ao dia por microaspersão. Em amostras de solo, observou-se que a umidade ficou próxima da capacidade de campo, durante a fase experimental. Foram realizados dois plantios consecutivos (ciclo 1 e ciclo 2), sendo o segundo cultivo sem fertilização com P e K, para verificação do efeito residual. Não houve necessidade de aplicação de inseticidas ou fungicidas, nos dois cultivos.

Em amostragem com coleta de 4 plantas parcela⁻¹, foram determinados:

Tabela 1. Efeito da aplicação de biofertilizantes de rochas com P e K, de fertilizantes solúveis (superfosfato simples e cloreto de potássio) e sem P e K (P_0K_0), na matéria fresca (MF) da parte aérea da alface em 2 ciclos consecutivos (Effect of the application of soluble PK rock biofertilizers, of soluble fertilizers (simple superphosphate and potassium chloride), and without P and K (P_0K_0), on the fresh matter (MF) of the aerial part of lettuce in two consecutive crops). Recife, UFRPE, 2005.

Adição de P e K ⁽¹⁾ (g m ⁻²)	Fertilização com P					Médias
	P ₀ (sem P)	BP ₁	BP ₂	BP ₃	SFS	
Matéria fresca da parte aérea da alface no 1º ciclo (g planta⁻¹)						
K ₀ (sem K)	82 aC	99 bBC	96 cBC	105 aAB	124 aA	101 b
Biofertilizante K ₁	101 aB	118 abAB	119 abAB	108 aB	131 aA	116 a
Biofertilizante K ₂	96 aC	120 aAB	135 aA	107 aBC	135 aA	119 a
Biofertilizante K ₃	99 aB	109 abB	112 bcB	110 aB	138 aA	114 a
KCl ₂	95 aC	108 abBC	110 bcBC	117 aAB	131 aA	112 a
Médias	95 c	111b	114b	109b	132a	
Biomassa fresca da parte aérea da alface no 2º ciclo (g planta⁻¹)						
K ₀ (sem K)	94 cC	113 bcB	116 dB	133 bA	117 cB	114 d
Biofertilizante K ₁	121 aC	128 abBC	132 bcABC	140 bAB	143 abA	133 b
Biofertilizante K ₂	120 aD	127 abcCD	129 bBC	156 aA	148 aAB	138 ab
Biofertilizante K ₃	118 abB	118 abB	163 aA	157 aA	149 aA	143 a
KCl ₂	104 bcD	104 bcD	120 cdBC	145 abA	128 bcB	122 c
Médias	112 d	122 c	134 b	146 a	137 b	

⁽¹⁾ Letras maiúsculas mostram diferença significativa na interação entre as fontes de P em cada nível de K e letras minúsculas entre as fontes de K em cada nível de P, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) 1º ciclo = 9,02 e 2º ciclo = 5,87; DMS 1º ciclo nas colunas e linhas = 20,07 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 15,14 (capital letters indicate significant difference in the interaction between P in each K level and small letters indicate significant difference between K in each P level, Tukey, 5%. CV (%) 1st cycle=9.02 and 2nd cycle=5.87; DMS 1st cycle in the columns and lines=20.07 and in the 2nd cycle in the columns and lines=15.14).

massa fresca (MF) da parte aérea por planta (cabeça), número de folhas, altura, produção comercial (considerando massa, aspecto foliar, coloração, número de folhas, para avaliação por nota de 0 a 5). O sistema radicular foi coletado junto com a parte aérea, e, após lavagem em água corrente, as raízes foram separadas da parte aérea, colocadas para secagem ao ar, retirando o excesso de umidade, e pesadas para determinação da massa fresca (MF).

A análise estatística foi realizada utilizando o programa SAS versão 8.0 (Guided Data Analysis Procedure), do SAS Institute (1999), para identificação da necessidade de transformação dos dados e adequação aos requisitos da análise de variância e análises de regressão. A comparação de médias foi procedida pelo teste de Tukey (p < 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve resposta positiva da fertilização com P e K, na MF da parte aérea da

alface, comparando com o tratamento sem fertilização P_0K_0 (Tabela 1). Os biofertilizantes mostraram efeitos similares ao tratamento com aplicação dos fertilizantes SFS e KCl. Os melhores resultados foram obtidos com BP₂BK₃, seguido de BP₃BK₂ e BP₃BK₃, e os menores desenvolvimentos da matéria fresca foram obtidos com os tratamentos BP₀BK₂, BP₀KCl, BP₂BK₀, no 1º ciclo, e com BP₀KCl e BP₁KCl no 2º ciclo.

Menezes Junior *et al.* (2000) relatam que na alface o fósforo é essencial à formação de raízes, sendo necessário durante a germinação, na emergência, e durante toda a formação do sistema radicular, enquanto o potássio tem maior efeito na qualidade do produto. Moura (2006) em Latossolo Amarelo da Vale do São Francisco observou efeito similar de biofertilizantes de rochas com P e K em comparação com SFS e KCl, em meloeiro.

Verifica-se que houve efeito residual da fertilização com P e K na cultura da alface, com aumento na biomassa fres-

ca da parte aérea para todos os tratamentos no 2º ciclo, em relação ao 1º ciclo (Tabela 1). Os biofertilizantes apresentaram efeito residual nos níveis mais elevados, mostrando resultados superiores aos tratamentos com aplicação da mistura com SFS e KCl.

Em trabalhos com biofertilizantes de rochas com P e K, comparando com fertilização mineral (SFS e KCl), Moura (2006) verificou efeito na MF da parte aérea e em frutos de melão cultivado em Argissolo do vale do São Francisco. Stamford *et al.* (2006), trabalhando com biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas, também encontraram efeito na MS dos colmos da cana-de-açúcar cultivada em solo de tabuleiro costeiro da Zona da Mata de Pernambuco, sendo os resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Os resultados obtidos com a aplicação dos biofertilizantes de rochas, com enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, estão de acordo com Lombardi *et al.* (1981), o qual considerou que com baixos teores de enxofre, a população de *Acidithiobacillus* natural do solo é limitada. Portanto, com a adição do S elementar no solo, pode ocorrer multiplicação das bactérias, resultando em maior disponibilização de P para as plantas. O efeito dos biofertilizantes de forma similar aos fertilizantes minerais também pode ser explicado levando em consideração que ocorrem bactérias oxidantes do enxofre, além de *Acidithiobacillus*, e bem como fungos que produzem fosfatases, quitina e quitosana, como *Aspergillus* e *Cunninghamella* (Franco *et al.*, 2005). Esses microrganismos podem atuar na solubilização de P e K dos biofertilizantes, bem como nos minerais do solo; portanto, podem participar efetivamente no aumento da disponibilidade de P e K para as plantas.

Dias *et al.* (2005) também constataram efeito residual quando aplicaram biofertilizantes de rochas com P e K, na cultura do caupi, trabalhando em vasos, com solo de tabuleiro costeiro da Zona da Mata de Pernambuco.

Verificou-se resposta da fertilização com P e K no número de folhas por planta. No 1º ciclo os melhores resultados foram obtidos com aplicação dos trata-

mentos SFS BK₂, BP₂BK₃, e BP₂BK₂, e no 2º ciclo com BP₃BK₂, BP₃BK₃, BP₂BK₁, BP₂BK₂ e BP₂BK₃. O tratamento com SFS e biofertilizante BK₂ foi superior ao SFS com KCl (Tabelas 3 e 4). Houve redução no número de folhas, com aplicação de níveis mais baixos de P e K, ou seja, a fertilização com baixo nível de P e K não foi suficiente para atender as necessidades da planta na formação de folhas, e KCl no nível recomendado não mostrou efeito residual, provavelmente por ser um nutriente bastante solúvel e que é facilmente percolado para camadas mais inferiores do solo.

De acordo com Malavolta (2002) a alface é muito sensível à deficiência de potássio, sendo que a planta mostra aparência seca, crestamento nas bordas das folhas, e superfícies foliares desigualmente cloróticas. Todavia, a sintomatologia característica de deficiência de potássio não foi observada no presente trabalho.

A fertilização com P e K teve efeito pronunciado na altura das plantas de alface no 1º ciclo (Tabela 3), comparado com o controle sem P e K. Entretanto, pode ser verificado que, mesmo com pequeno efeito entre os tratamentos com fertilização, os melhores resultados foram obtidos com SFS aplicado com BK₂ e BK₃.

No 2º ciclo observou-se resposta da aplicação de fertilização com P e K na altura das plantas, embora menos pronunciado em relação ao primeiro ciclo. Em geral, os melhores resultados com aplicação de P foram obtidos com os biofertilizantes, em comparação com a aplicação de KCl e com o tratamento controle. Para altura das plantas os melhores resultados no 1º ciclo foram com SFS BK₂, SFS BK₃, SFS KCl e no 2º ciclo com BP₃BK₃ e BP₃BK₂. Só foi observado efeito residual com aplicação dos biofertilizantes BP₃BK₁, BP₃BK₂ e BP₃BK₃.

O aspecto comercial é um fator muito importante quando se trata de aceitação do produto, pois influencia diretamente na escolha pelo consumidor. Pela tabela 4 verifica-se que houve efeito da fertilização com P e K e efeitos residuais significativos, principalmente com os biofertilizantes BP₂BK₃, BP₂BK₂. Os

Tabela 2. Efeito de biofertilizantes de rochas com P e K em comparação com fertilizantes solúveis (superfosfato simples e cloreto de potássio) e sem P e K no número de folhas de alface em dois cultivos consecutivos (Effect of PK rock biofertilizers compared to soluble fertilizers (simple superphosphate and potassium chloride), and without P and K on the number of leaves of lettuce in two consecutive crops). Recife, UFRPE, 2005.

Adição de P e K ⁽¹⁾ (g m ⁻²)	Fertilização com P					Médias
	P ₀ (sem P)	BP ₁	BP ₂	BP ₃	SFS	
Número de folhas da alface no 1º ciclo (unidade planta⁻¹)						
K0 (sem K)	8,7bB	13,2aA	14,0aA	13,7aA	13,2bA	12,6b
Biofertilizante K ₁	11,5aB	14,5aA	15,2aA	12,7aAB	15,0abA	13,8a
Biofertilizante K ₂	12,7aB	14,5aB	15,0aAB	13,0aB	17,2aA	14,5a
Biofertilizante K ₃	12,5aB	13,5aA	14,7aA	14,0aA	15,0abA	14,0a
KCl ₂	14,0aA	14,0aA	13,5aA	13,2aA	15,5abA	14,0a
Médias	11,9c	13,9b	14,5ab	13,3b	15,2a	
Número de folhas da alface no 2º ciclo (unidade planta⁻¹)						
K ₀ (sem K)	15,2bB	17,5abA	17,7aA	17,5dA	17,2aA	17,0b
Biofertilizante K ₁	16,0abB	18,2abA	18,2aA	19,2bcA	18,0aA	18,0a
Biofertilizante K ₂	16,7abC	18,5aAB	18,5aAB	19,7abA	17,5aBC	18,2a
Biofertilizante K ₃	17,0aC	18,2abBC	18,7aB	21,0aA	18,0aBC	18,6a
KCl ₂	15,5abB	16,7bAB	17,5aA	17,7cdA	17,0aAB	16,9b
Médias	16,1c	17,8b	18,1b	19,0a	17,5b	

⁽¹⁾ Letras maiúsculas mostram diferença significativa na interação entre as fontes de P em cada nível de K e letras minúsculas entre as fontes de K em cada nível de P, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) no 1º ciclo=9,80 e no 2º ciclo = 12,64. D.M.S. no 1º ciclo nas colunas e nas linhas = 1,19 e no 2º ciclo nas colunas e nas linhas = 1,34 (capital letters indicate significant difference in the interaction between P in each K level and small letters indicate significant difference between K in each P level, Tukey, 5%. CV (%) 1st cycle=9.80 and 2nd cycle=12.64; DMS 1st cycle in the columns and lines=1.19 and in the 2nd cycle in the columns and lines=1.34).

Tabela 3. Efeito de biofertilizantes de rochas com P e K em comparação com fertilizantes químicos (superfosfato simples e cloreto de potássio) e sem adição de P e K na altura da alface em dois ciclos consecutivos (Effect of PK rock biofertilizers compared to soluble fertilizers (simple superphosphate and potassium chloride), and without P and K on the lettuce height in two consecutive crops). Recife, UFRPE, 2005.

Adição de P e K ⁽¹⁾ (g m ⁻²)	Fertilização com P					Médias
	P ₀ (sem P)	BP ₃₅	BP ₇₀	BP ₁₀₅	SFS ₇₀	
Altura das plantas de alface no 1º ciclo (cm planta⁻¹)						
K0 (sem K)	16,8bC	18,2aBC	20,0aAB	20,2aAB	21,8aA	19,4c
Biofertilizante K ₁	17,9abC	20,3aAB	20,5aAB	18,5aBC	21,8aA	19,8bc
Biofertilizante K ₂	19,7aB	20,3aB	20,4aB	19,6aB	23,9aA	20,8a
Biofertilizante K ₃	19,5aB	19,6aB	19,8aB	20,2aB	23,2aA	20,5ab
KCl ₂	17,7abC	19,6aBC	19,0aBC	20,5aB	23,0aA	20,0abc
Médias	18,3c	19,6b	19,9b	19,8b	22,7a	
Altura das plantas de alface no 2º ciclo (cm planta⁻¹)						
K ₀ (sem K)	17,5aA	18,7aA	18,7bA	19,5bA	17,7bA	18,4b
Biofertilizante K ₁	19,0aB	19,7aAB	20,2abAB	21,2abA	20,0aAB	20,0a
Biofertilizante K ₂	18,7aB	20,5aAB	21,2aA	21,2abA	20,5aAB	20,4a
Biofertilizante K ₃	19,2aB	20,0aAB	21,0aAB	22,0aA	21,0aAB	20,6a
KCl ₂	17,7aA	19,2aA	19,2abA	19,7bA	19,0abA	19,0b
Médias	18,4c	19,6b	20,1ab	20,7a	19,6b	

⁽¹⁾ Letras maiúsculas mostram diferença significativa na interação entre as fontes de P em cada nível de K e letras minúsculas entre as fontes de K em cada nível de P, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) no 1º ciclo = 5,41 e no 2º ciclo = 5,20; DMS no 1º ciclo nas colunas e linhas = 2,15 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 2,03 (capital letters indicate significant difference in the interaction between P in each K level and small letters indicate significant difference between K in each P level, Tukey, 5%. CV (%) 1st cycle=5.41 and 2nd cycle=5.20; DMS 1st cycle in the columns and lines=2.15 and in the 2nd cycle in the columns and lines=2.03).

Tabela 4. Efeito de biofertilizantes de rochas com P e K em comparação com fertilizantes solúveis (superfosfato simples e cloreto de potássio) e sem P e K no número de folhas da alface em 2 ciclos consecutivos (Effect of PK rock biofertilizers compared to soluble fertilizers (simple superphosphate and potassium chloride), and without P and K on the number of lettuce leaves, in two consecutive crops). Recife, UFRPE, 2005.

Adição de P e K ⁽¹⁾ (g m ⁻²)	Fertilização com P					Médias
	P ₀ (sem P)	BP ₃₅	BP ₇₀	BP ₁₀₅	SFS ₇₀	
Avaliação comercial da alface no 1º ciclo (nota planta⁻¹)						
K ₀ (sem K)	3,0aB	3,5aAB	3,5aAB	4,2aA	4,2aA	3,3c
Biofertilizante K ₁	3,7aA	4,2aA	4,2aA	4,0aA	4,0aA	3,8b
Biofertilizante K ₂	3,2aC	4,0aABC	4,2aAB	3,7aBC	4,7aA	3,8b
Biofertilizante K ₃	3,5aB	3,5aB	3,5aB	3,5aB	4,7aA	3,9b
KCl ₂	3,2aB	4,0aAB	3,5aB	4,0aAB	4,5aA	4,4a
Médias	3,7a	4,0a	4,0a	3,7a	3,8a	
Avaliação comercial da alface no 2º ciclo (nota planta⁻¹)						
K ₀ (sem K)	3,0bB	3,7bAB	4,0bA	4,0bA	4,0aA	3,7b
Biofertilizante K ₁	3,7abB	4,5aA	4,5abAB	4,5abAB	4,0aAB	4,3a
Biofertilizante K ₂	4,0aA	4,5abA	4,7abA	4,2abA	4,0aA	4,3a
Biofertilizante K ₃	3,7abB	4,7aA	5,0aA	5,0aA	4,2aAB	4,5a
KCl ₂	3,5abA	4,0abA	4,0bA	3,7bA	4,0aA	3,8b
Médias	3,6c	4,3ab	4,4a	4,3ab	4,0b	

⁽¹⁾ Letras maiúsculas mostram diferença significativa na interação entre as fontes de P em cada nível de K e letras minúsculas entre as fontes de K em cada nível de P, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV (%) 1º ciclo= 12,76 e 2º ciclo = 9,33. DMS 1º ciclo nas colunas e linhas = 0,97 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 0,76 (capital letters indicate significant difference in the interaction between P in each K level and small letters indicate significant difference between K in each P level, Tukey, 5%. CV (%) 1st cycle=12.76 and 2nd cycle=9.33; DMS 1st cycle in the columns and lines=0.97 and in the 2nd cycle in the columns and lines=0.76).

melhores resultados no 1º ciclo foram com os tratamentos: SFS BK₂, SFS BK₃, SFS KCL, e no 2º ciclo com BP₂ BK₂, BP₂ BK₂. Os resultados com menor avaliação comercial, sem considerar o tratamento controle, foram BP₀ BK₂, BP₀ KCl, mostrando que a aplicação de nível muito baixo de biofertilizante com K e de KCl, no nível recomendado, não foram suficientes para a boa qualidade do produto. Moura (2006), trabalhando com melão no Vale do São Francisco, com aplicação de biofertilizantes de rochas com P e K, em comparação com fertilizantes convencionais, encontraram resultados semelhantes para a avaliação comercial do meloeiro.

Os resultados obtidos permitem concluir que os biofertilizantes produzidos a partir de rochas com fósforo e com potássio com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* podem ser aplicados como fonte alternativa de P e K em substituição a fertilizantes minerais solúveis. A fertilização com P e K mostra efeito residual, especialmente

quando aplicados os biofertilizantes com P e K na planta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica (PIBIC) e pelo apoio concedido com aporte de recursos para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BALLESTERO SD; JORGE JA; NICOLINO CAC; FILLIETTAZ EVV; ONO RK. 1996. Efeito da compostagem na solubilização de rochas fosfatadas e potássicas. *Biociência* 2: 12-22.

DIAS SHL; STAMFORD NP; FERREIRA AR; BEZERRA RV; SOUSA LQ. 2005. Determinação do K disponível por método biológico com *Aspergillus sidowii* em função da adubação com biofertilizantes e fertilizantes (KCl e SFT) em dois cultivos consecutivos com caupi (*Vigna unguiculata*). In: XV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRPE, 15., 2005, Recife. Anais...Recife: PRPPG-UFRPE.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2. Ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p.

FILGUEIRA FAR. 1982. *Manual de olericultura cultivo e comercialização de hortaliças*. 2 ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, v. 2.

FRANCO LO; STAMFORD TCM; STAMFORD NP; TAKAKI GMC. 2005. *Cunninghamella elegans* (IFM 46109) como fonte de quitina e quitosana. *Analytica* 4: 40-44.

HE ZL; BALIGAR VC; MARTENS DC; RITCHEY KD; KEMPER WD. 1996. Factors affecting phosphate rock dissolution in acid soil amended with liming materials and cellulose. *Soil Science Society of American Journal* 60: 1596-1601.

IPA. 1998. *Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco*. 2º ed. Recife: Empresa pernambucana de pesquisa Agropecuária.

KELLY DP; WOOD AP. 2000. Reclassification of some species of *Thiobacillus* to the newly designated genera *Acidithiobacillus* gen. nov., *Halothiobacillus* gen. nov. and *Thermithiobacillus* gen. nov., *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 50: 511-516.

LAL R. 2000. Soil management in the developing countries. *Soil Science* 165: 319-350.

LOMBARDI MLCO; LOPES ES; CARDOSO EJB; SILVA MTR. 1981. *Eficiência da dissolução de três fosfatos naturais no solo, pela atividade microbiológica de oxidação de enxofre elementar*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador, 1981. Resumos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 38.

MALAVOLTA E; PIMENTEL-GOMES F; ALCARDE JC. 2002. *Adubos e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres.

MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA SA. 1989. *Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicação*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do fosfato, 201p.

MARQUES PA; BALDOTTI PV; SANTOS AC; OLIVEIRA L. 2003. Qualidade de mudas de alface em bandejas de isopor com diferentes números de células. *Horticultura Brasileira* 21: 649-651.

MENEZES JÚNIOR FO; FERNANDES HS; MANCH CR; SILVA JB. 2000. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 18: 183-187.

MOURA PM. 2006. *Uso de biofertilizantes de rochas com enxofre e Acidithiobacillus em argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão*. 73p. (Tese mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

NAHAS E. 1999. Solubilização microbiana de fosfatos e de outros elementos. In: SIQUEIRA JO; MOREIRA FMS; LOPES AS; GUILHERME LRG; FAGUIEN U; FURTINI NETO AE; CARVALHO JG. (Ed.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS, p. 467-486.

- OLIVEIRA MCC; LOPES ES; SILVA MTR; NAGAI R. 1977. Influência de oxidação microbiana do enxofre na solubilização de apatita de Araxá. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 1: 24-28.
- ROBERTS T. 2004. *Reservas de minerais potássicos e a produção de fertilizantes potássicos do mundo*. Potafos: Informações agronômicas. 107: 2-3.
- SANCHEZ PA. 2002. Soil fertility and hunger in Africa. *Science* 295: 2019-2020.
- SANTOS RHS; SILVA F; CASALI VWD; CONDEAR. 2001. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36: 1395-1398.
- STAMFORD NP; LIMA RA; SANTOS CERS; DIAS SHL. 2006. Biofertilizers with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and nutrients uptake in a tableland soil. *Geomicrobiology* 23: 261-265.
- STAMFORD NP; SANTOS CERS; SANTOS PR; SANTOS KSR; MONTENEGRO A. 2005. Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic by-products on mimosa (*Mimosa caesalpinifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. *Tropical Grasslands* 39: 54-61.
- STAMFORD NP; SANTOS CERS; JÚNIOR STAMFORD WP; DIAS SL. 2004. Biofertilizantes de rocha fosfatada com *Acidithiobacillus* como adubação alternativa de caupi em solo com baixo P disponível. *Revista Analytica* 9: 48-53.
- STAMFORD NP; FREITAS ADS; SANTOS CERS; FERRAZ DS; MONTENEGRO A. 2003. Nitrogen fixation and growth of cowpea and yam bean in a sodic soil as affected by gypsum and sulphur inoculated with *Thiobacillus* and rhizobia. *Tropical Grasslands* 37: 11-17.
- STAMFORD NP; FREITAS ADS; FERRAZ DS; SANTOS E. 2002. Effect of sulphur inoculated with *Thiobacillus* on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes. *Journal of Agricultural Science* 139: 275-281.
- SAS INSTITUTE. 1999. *The SAS System for Windows*. CD-ROM for Windows 32 - bits.
- TEDESCO MJ; WOLKWEISS SJ; BOHNEN H. 1985. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 188 p. (Boletim Técnico, 5).