

RITA DE CÁSSIA MATIAS DE LIMA

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PODER RESIDUAL DE BIOFERTILIZANTES DE
ROCHAS COM *ACIDITHIOBACILUS* EM CULTIVOS CONSECUTIVOS COM
ALFACE EM SOLO DO CARIRI CEARENSE.**

RITA DE CÁSSIA MATIAS DE LIMA

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PODER RESIDUAL DE BIOFERTILIZANTES DE
ROCHAS COM *ACIDITHIOBACILUS* EM CULTIVOS CONSECUTIVOS COM
ALFACE EM SOLO DO CARIRI CEARENSE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências do solo.

R E C I F E – P E

Fevereiro - 2006

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PODER RESIDUAL DE BIOFERTILIZANTES DE
ROCHAS COM *ACIDITHIOBACILUS* EM CULTIVOS CONSECUTIVOS COM
ALFACE EM SOLO DO CARIRI CEARENSE.**

RITA DE CÁSSIA MATIAS DE LIMA

Orientador: Prof. Newton Pereira Stanford

R E C I F E
Fevereiro - 2006

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

L732e Lima, Rita de Cássia Matias
Eficiência agrônômica e poder residual de biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* em cultivos consecutivos com alface em solo do Cariri / Rita de Cássia Matias
Lima – 2006.
60 f. : il.

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

CDD 631.42

1. Microbiologia
2. Acidithiobacillus
3. Alface
4. Fertilidade do solo
 - I. Stanford, Newton Pereira
 - II. Título

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PODER RESIDUAL DE BIOFERTILIZANTES DE
ROCHAS COM *ACIDITHIOBACILUS* EM CULTIVOS CONSECUTIVOS COM
ALFACE EM SOLO DO CARIRI CEARENSE.**

RITA DE CÁSSIA MATIAS DE LIMA

Dissertação defendida e aprovada em //2006 pela Banca Examinadora:

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Newton Pereira Stanford
UFRPE

EXAMINADORES:

Prof. Dr. José Pires Dantas
UEPB

Dra. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos
UFRPE

Dra. Maria de Fátima Cavalcanti Barros
UFRPE

R E C I F E

Fevereiro - 2006

“A existência na Terra é comparável a uma viagem de aperfeiçoamento, na qual necessita seguir a diante, ao lado dos companheiros de jornada evolutiva.

Muitos te desconhecem, no entanto, **Deus sabe quem és.**

Muitos te menosprezam, contudo, **Deus não te abandona.**

Muitos te hostilizam, **mas Deus te apóia.**

Muitos te reprovam, em circunstâncias difíceis, no entanto, **Deus te abençoa.**

Muitos te afastam da presença, todavia, **Deus permanece contigo.**

A vista de semelhante realidade, sempre que tropeços e provações te apareçam, não te acomodes, à beira da estrada, em algum recanto da inércia. **Confia em Deus e caminha.”**

Emmanuel (Chico Xavier)

Aos meus amados pais, Francisco Matias e Maria José por todo amor, confiança e sacrifício dedicados em toda minha existência. Ao meu marido Antonio Batista e ao meu filho Thiago pelo amor e paciência despendida nesta longa jornada. Aos meus irmãos e 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 esteve comigo nos momentos difíceis da minha vida e por colocar no meu caminho pessoas maravilhosas.

Ao meu estimado marido Antonio Batista, Dona Doninha e Sr. Antonio 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.

À Escola Agrotécnica Federal de Crato pela oportunidade de realização desse trabalho;

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

À Pesquisadora da UFRPE Maria de Fátima Cavalcanti Barros, pelos conselhos, nas horas certas, e pelo carinho.

À Pesquisadora da UFRPE, Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos pela extrema amizade e apoio incondicional nos momentos de decisões marcantes da minha dissertação.

Aos meus alunos que estiveram comigo no trabalho de campo, pela boa vontade, paciência e dedicação nos momentos mais difíceis.

Ao estimado Pesquisador da UFRPE Mario de Andrade Lira Junior pela atenção e sugestões, além da constante paciência e pela colaboração em meu trabalho.

Aos funcionários e estagiários dos laboratórios de solos, fisiologia vegetal, da UFRPE, pela amizade, adesão e calorosa convivência.

Aos funcionários da UFRPE, em especial Maria do Socorro, Noca, Josias, pela atenção e ajuda indispensável.

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 de pós graduação, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos amigos do curso e companheiros, 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.
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 A cultura da alface	16
2.2 Solo para o cultivo da alface	18
2.3 Adubação fosfatada	19
2.4 Adubação potássica	22
2.5 Uso de rochas fosfatadas e potássicas	23
2.6 A bactéria oxidante do enxofre - <i>Acidithiobacillus</i>	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Produção dos biofertilizantes de rochas com P e K	26
3.2 Experimentação em campo	26
3.2.1 Solo usado	27
3.2.2 Cultura e tratamentos	27
3.2.3 Condução do experimento	28
3.2.4 Determinações na planta e no solo	29
3.2.5 Delineamento e análise estatística	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Resultados na planta	30
4.1.1 Biomassa fresca da parte aérea	30
4.1.2 Biomassa seca da parte aérea	32
4.1.3 Número de folhas na planta	34
4.1.4 Altura da planta	34
4.1.5 Avaliação comercial	37
4.1.6 Fósforo acumulado na parte aérea	37
4.1.7 Potássio acumulado na parte aérea	40
4.2 Resultados no solo	42
4.2.1 Efeitos no pH do solo	42
4.2.2 Efeitos no fósforo disponível do solo	44
4.2.3 Efeitos no potássio disponível do solo	46
5 CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS	49
ANEXOS	55

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Resultados da análise de atributos químicos e físicos do Latossolo Vermelho Amarelo distrófico húmico utilizado no experimento.	27
Tabela 2. 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 ₀ K ₀), na biomassa fresca da alface em solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.	31
Tabela 3. Efeito da aplicação de biofertilizantes de rochas com P e K em comparação com (superfosfato simples e cloreto de potássio) e sem P e K na biomassa seca da alface em solo do com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.	33
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 solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.	35
Tabela 5. 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 solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos	36
Tabela 6. 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 na avaliação comercial da alface em solo com baixo P e médio K disponível em 2 ciclos.	38
Tabela 7. 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 P total acumulado na alface em solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.	39
Tabela 8. 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 K total acumulado na alface em solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.	41

Cont. Lista de Tabelas

Tabela 9. 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 pH do solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.	43
Tabela 10. 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 P disponível em solo com baixo P e médio K disponível, no 1º ciclo da alface.	45
Tabela 11. 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 P disponível em solo com baixo P e médio K disponível, no 1º ciclo da alface.	47
Anexos	55
Tabela 1 (anexo). Resultados da análise de variância (dados da planta)	
Tabela 2 (anexo). Resultados da análise de variância (dados do solo)	57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Efeitos na biomassa fresca da parte aérea da alface, no 1º e no 2º ciclos.	31
Figura 2. Efeitos na biomassa seca da parte aérea da alface, no 1º e no 2º ciclos.	33
Figura 3. Efeitos no número de folhas por planta de alface, no 1º e no 2º ciclos.	35
Figura 4. Efeitos na altura das plantas da alface, no 1º e no 2º ciclos.	36
Figura 5. Efeitos na avaliação comercial do aspecto das plantas (nota variando de 0 a 5), no 1º e no 2º ciclos.	38
Figura 6. Efeitos no fósforo total acumulado na parte aérea da alface, no 1º e no 2º ciclos.	39
Figura 7. Efeitos no potássio acumulado na parte aérea da alface, no 1º e no 2º ciclos.	41
Figura 8. Efeitos no pH do solo no 1º e no 2º ciclos	43
Figura 9. Efeitos no P disponível no solo, no 1º e no 2º ciclos.	45
Figura 10. Efeitos no K disponível no solo, no 1º e no 2º ciclos.	47
Figuras (anexo)	
Figura 1. Plantio da alface em bandejas	58
Figura 2. Vista geral da alface no campo (1º ciclo)	59
Figura 3. Vista geral da alface no campo (2º ciclo)	60

RESUMO

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E PODER RESIDUAL DE BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS COM *ACIDITHIOBACILLUS* EM CULTIVOS CONSECUTIVOS COM ALFACE EM SOLO DO CARIRI CEARENSE.

A produção de biofertilizantes a partir de rochas é um processo prático que reduz o consumo de energia e aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo. Com biofertilizantes produzidos a partir de rochas fosfatadas (RP) e potássicas (RK) com adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* (S*) realizou-se um experimento em campo, no esquema fatorial 5^2 , no delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições. Foram realizados dois plantios consecutivos com alface (cv. Crespa), para avaliar a eficiência e o poder residual de biofertilizante fosfatado nos níveis (BP₀, BP1, BP2 e BP3) e SFS (superfosfato simples no nível recomendado) e níveis de biofertilizante potássico (BK₀, BK1, BK2 e BK3) e KCl (cloreto de potássio no nível recomendado), em atributos na planta e no solo. O nível 1 equivale a 50% do recomendado, o nível 2 ao recomendado e o nível 3 equivalente a 150% da recomendação com base na análise do solo. Como adubação básica aplicou-se vermicomposto de minhoca (600g m⁻²). O experimento foi conduzido em solo representativo da região do Cariri (Crato-CE), com baixo nível de P e médio de K. Na planta avaliou-se a biomassa fresca e seca da parte aérea, altura, nº de folhas e avaliação comercial, P e K total na parte aérea, e no solo determinou-se o pH, P e K disponível. No primeiro e no segundo ciclo os melhores resultados de produção de alface foram obtidos com a aplicação de SFT e KCL e com os biofertilizantes BP e BK no nível equivalente ao recomendado. No segundo ciclo ficou evidenciada a resposta positiva dos biofertilizantes BP e BK. Os biofertilizantes de rochas com P e K no tratamento BP2BK3, de uma maneira geral apresentou o melhor resultado. Com referência ao efeito da fertilização no pH não foi observado efeito significativo em relação ao pH do solo natural, com redução mais acentuada quando aplicado o SFS. O poder residual (segundo ciclo) mostrou melhor resposta dos biofertilizantes no nível BP2BK3 no P e K disponível do solo. Os biofertilizantes de rochas com P e K inoculados com *Acidithiobacillus* mostraram que podem ser usados como alternativa para substituição a fertilizantes solúveis.

**AGRONOMIC EFFICIENCY AND RESIDUAL EFFECT OF P AND K ROCK
BIOFERTILIZERS WITH *ACIDITHIOBACILLUS* IN TWO LETTUCE
CONSECUTIVE CROPS IN A BRAZILIAN SOIL FROM THE CARIRI CEARENSE**

ABSTRACT

Production of rock biofertilizers is a practical process with reduction of energy consumption and increasing nutrients availability in soils. A field experiment was carried out applying P and K biofertilizers from phosphate rock (Apatite-PR) and potash rock (biotite-KR) plus sulfur inoculated with *Acidithiobacillus*, on lettuce (cv. Crespa) in two consecutive crops with the aim do evaluate the agronomic efficiency and the residual effect of P biofertilizers in levels (BP₀, BP1, BP2 e BP3) and SSP (simple super phosphate in recommended level) and K biofertilizers in levels (BK₀, BK1, BK2 e BK3) and KCl (potassium chloride in recommended level), on lettuce and in some soil attributes. Level 1 is equivalent to 50% recommendation, 2 recommended level to lettuce and 3 is 150% of recommended level based in soil analyses. A control treatment was added without P and K (P₀K₀). Nitrogen was applied as basic fertilization in the conventional form used in the Cariri region (storm compound in level 600 mg/m²). The experiment was carried out in a representative soil of the Cariri region, with low available P and medium available K. The plant was cropped following the conventional system for lettuce. On plants were evaluated fresh biomass and dry biomass in shoots, plant height, number of leaves, commercial evaluation, total P and total K on shoot dry biomass, and in soil were determined pH, available P and K in soil. In both crops the best results of lettuce yield were obtained when applied TSP, KCl, P and K biofertilizers in level BP2BK3. In reference to the effect of fertilization in pH values it was not observed significant response compared to pH in the natural soil, with greater reduction when applied SSP. Although in the second crop was evident the positive response of the biofertilizers, especially the residual effect when applied the P and K rock biofertilizers in treatment BP2BK3 showing that they may be alternative for substitution of soluble mineral fertilizers to lettuce in soil with low available P and medium available K.

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa L.*) é a mais popular das hortaliças folhosas e é cultivada em quase todas as regiões do globo terrestre, entretanto é bastante sensível às condições adversas de temperatura atmosférica, umidade do solo e precipitação pluviométrica, sendo necessários estudos que possam propiciar aumentos significativos na produtividade e diminuição de riscos, tornando-a um produto mais competitivo e diferenciado (Tarsitano et al.,1999).

Para uma produtividade satisfatória é exigido o uso adequado do solo e da água. E, para a intensificação, diversificação e especialização de sistemas de produção agrícola, deverão ser incrementadas novas tecnologias (Lal, 2000).

O desenvolvimento e aplicação de um manejo integrado de nutrientes, com vista a obtenção de boa produtividade e sustentabilidade agrícola, implicará na redução de fertilizantes químicos solúveis e incremento das fontes naturais de nutrientes, como adubação orgânica, fixação biológica do nitrogênio (FBN), e uso de rochas naturais (fosfatadas e potássicas), 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 é necessário apreciável gasto de energia, e mão de obra especializada. Assim, há premente necessidade de se estabelecer estratégias para o uso eficiente e econômico das rochas fosfáticas (Goedert e Sousa, 1986). A utilização direta dos fosfatos naturais na forma bruta 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 que inteiramente atendido por importações, tendo em vista que o País atualmente tem como produção apenas cerca de 650 mil toneladas (Roberts, 2004). Os minerais, como biotitas, micas, micaxistos, feldspatos e ortoclásios, entre outros, após os processos de moagem e peneiramento, são de emprego limitado devido a sua reduzida eficiência agrônômica, em função do baixo teor de potássio solúvel (Ballesteros et al.,1996).

Atualmente, em São José do Sabugi, na Paraíba, há ocorrência em escala considerável, de uma rocha natural classificada como biotita xisto (com cerca de 10% de K_2O total). Em função dos resultados obtidos em trabalhos com outras

culturas: cana-de-açúcar (Lima, 2005) e em melão (Moura, 2006), essa biotita foi escolhida para ser utilizada no presente trabalho, visando o aumento da solubilização com a atuação da bactéria *Acidithiobacillus*, oxidante do enxofre.

Desta forma, deve ser levado em consideração que o uso de fertilizantes 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 aplicação de fertilizantes por agricultores de baixa renda (Sanchez, 2002).

O uso de microrganismos na solubilização de nutrientes de rocha vem recebendo a atenção dos pesquisadores, principalmente pela possibilidade de seu emprego em programas de interação com microrganismos fixadores de N₂ (Nahas, 1999). Espécies de *Acidithiobacillus* ocorrem naturalmente nos solos agrícolas; entretanto, alguns 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 (Stamford et al., 2003, 2004). 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 (Santos, 2002).

O ácido sulfúrico produzido na reação microbiológica pode atuar no fosfato natural disponibilizando nutrientes, bem como promovendo redução no pH (Stamford et al. 2002; He et al. 1996).

O objetivo geral do presente trabalho foi o de verificar o potencial do uso de biofertilizantes produzidos com rochas contendo minerais com fósforo (apatita) e de rochas com potássio (biotita xisto), com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, na produtividade da alface, no pH, P e K, bem como, seus efeitos residuais, comparando com os fertilizantes minerais convencionais, superfosfato simples e cloreto de potássio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da alface

De acordo com Lindqvist (1960), a alface já era cultivada por volta do ano 4.500 antes de Cristo. Após a descoberta do novo mundo, se espalhou pelas Américas, sendo largamente cultivada no Haiti, e foi introduzida no Brasil por volta de 1647 (Ryder e Whitaker, 1979).

A alface é uma hortaliça folhosa, herbácea, apresentando um caule muito curto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas, que é a parte comestível. As variedades existentes pertencem a diferentes grupos vegetais: com folhas lisas, com folhas crocantes e grossas fechando-se em cabeças e com folhas crespas sem formação de cabeça. As raízes são do tipo pivotante com delicadas ramificações, explorando os primeiros 25 cm do solo. É uma hortaliça de inverno, capaz de resistir a geadas leves, e a baixa temperatura noturna é mais importante que a diurna para uma boa produção. Por ser uma hortaliça de clima ameno, apresenta problemas de pendoamento precoce, limitantes ao cultivo comercial, quando plantada em regiões com temperaturas médias superiores a 20°C, condições típicas do verão brasileiro (Gomes, 2001).

A alface é excelente fonte de vitamina A, possuindo ainda as vitaminas B₁, B₂ e C, além de sais de cálcio e ferro (Camargo, 1984). Para o olericultor apenas interessa o ciclo vegetativo da alface, que se encerra quando a cabeça está completamente desenvolvida. Após este processo, se a temperatura for suficientemente alta, e os dias longos, a planta entra, rapidamente, no ciclo reprodutivo, emitindo hastes florais, que podem alcançar um metro de altura, terminando com uma inflorescência ramificada, com grande número de flores perfeitas. Normalmente, tais flores são autofecundadas, sendo o cruzamento natural pouco freqüente (Filgueira, 1982).

As numerosas cultivares de alface existentes no mundo ocidental podem ser didaticamente agrupadas, em cinco grupos distintos, de acordo com Filgueira (1982), considerando-se o aspecto das folhas e o fato das mesmas reunirem-se ou não para formar uma cabeça repolhuda, que são: Repolhuda manteiga (White Boston, Sans Rival, Aurélia, Vivi), repolhuda crespa (seleções da cultivar americana Great Lakes), solta lisa: folhas lisas e soltas, mais ou menos delicadas, não formando uma cabeça compacta (babá de Verão), solta crespa (Grand Rapids e

suas seleções), romana, com folhas tipicamente alongadas, duras, com nervuras claras e protuberantes, formam uma cabeça fofa, alongada (Romano Balão, Blonde Romaine, Valmaine).

Segundo Nagai e Costa (1972) a obtenção de cultivares de verão é um dos objetivos almejados no melhoramento da alface no Brasil. No sul, as cultivares de verão são necessárias para o cultivo no período de outubro a março; ao passo que no norte e nordeste do país, resistência ao calor é um fator indispensável para que a cultura seja bem sucedida o ano todo. A resistência ao calor foi definida como um conjunto de características que permite o cultivo na época mais quente do ano, com bom desenvolvimento vegetativo, formação de cabeça fechada, espigamento lento, resistência a doenças e queima das bordas das folhas.

O grupo da alface “crespa” abrange cultivares que produzem folhas caracteristicamente crespas e muito consistentes, com bordas franjadas e coloração verde-claro, como a tradicional cultivar americana Grand Rapids, que no Brasil goza de preferência em algumas regiões. Nos arredores de Goiânia, Grand Rapids é conhecida por “Loura”, sendo preferida em relação a outras alfaces, excetuando-se aquelas do grupo repolhuda manteiga. (Filgueira, 1982).

A alface é uma hortaliça muito exigente em água. Pires et al., (2000) conclui que o cultivo de hortaliças é bastante influenciado pela disponibilidade de água e o déficit hídrico acarreta queda de produtividade e qualidade. Segundo Filgueira (1982) quanto maior a disponibilidade em água útil no solo, maior a produtividade, razão pela qual o teor de água no solo deve ser mantido acima de 80%, durante todo o ciclo cultural, inclusive na colheita.

Quanto aos tratos culturais, a cultura da alface não é muito exigente. As capinas manuais, ou por meios mecânicos, devem ser feitas superficialmente, de modo a prevenirem danos no sistema radicular, sabidamente superficial. (Filgueira, 1982). De acordo com Gelmini e Trani (1996), o período de cultivo pode variar de 40 a 70 dias dependendo da cultivar utilizada, semeadura direta ou transplante de mudas, época de plantio (verão ou inverno) e sistema de condução (no campo ou protegido), estando a produtividade entre 15 e 30 toneladas por hectare.

A colheita da alface geralmente é feita 70 a 80 dias após a semeadura, de acordo com a variedade, época de plantio e fertilidade da terra. A colheita é realizada cortando as plantas rente ao chão, logo que atinjam o máximo desenvolvimento (Murayama, 1973). Passado tal ponto a alface torna-se imprestável para a comercialização, pois o seu teor em látex eleva-se conferindo

um sabor amargo pronunciado, as folhas tornam-se endurecidas, perdendo o frescor tão apreciado pelos consumidores (Filgueira, 1982). A maioria dos produtores de alface fazem a propagação em sementeira, e as mudas são transplantadas para o canteiro em campo quando atingem 8 a 10cm de altura e com 4 a 6 folhas definitivas, adotando no canteiro os espaçamentos de 0,25 x 0,25m ou 0,25 x ,30m, dependendo da variedade (Murayama, 1973).

2.2 Solo para o cultivo da alface

A alface não é muito tolerante a acidez do solo, exigindo um pH de 6,0 a 6,8, para boa produção e não é cultura facilmente adaptável a solos de baixa fertilidade. Devido à delicadeza e sistema radicular bastante superficial, produz melhor em solos areno argilosos, bem soltos, ricos em matéria orgânica e com alta disponibilidade em nutrientes, nas camadas superficiais. Baixadas com solo turfoso escuro, produzem boa alface, quando convenientemente drenadas, com calagem e adubação e solos excessivamente argilosos não são favoráveis (Filgueira, 1982).

Papadopoulos (1999) cita que a absorção de nutrientes pela alface é lenta, durante a primeira metade do ciclo do cultivo, acelerando-se próximo à colheita . De acordo com (Filgueira, 1982), já foi constatado experimentalmente que o nitrogênio é o nutriente que promove maior incremento, na produtividade e no peso médio da planta, também o fósforo aumenta a produtividade, porém seu efeito é menor, sendo o efeito da interação nitrogênio-fósforo significativo, visto que, o emprego conjunto de N e P provoca uma produtividade maior, em relação à soma dos efeitos de qualquer um nutriente aplicado isoladamente. Contrariamente, para potássio não foi constatado efeito elevado na produtividade tanto aplicado isoladamente, como em combinações com outros nutrientes.

No caso de uma hortaliça folhosa como a alface a adubação orgânica é sempre recomendável, desde que seja economicamente praticável. Considerados como ótimos condicionadores de solos agrícolas, e não como fonte satisfatória de macronutrientes, os adubos orgânicos são sempre benéficos, especialmente em solos pobres em matéria orgânica e arenosos, devido a delicadeza de seu sistema radicular e à sua elevada exigência em água, a alface responde bem ao uso de fertilizantes (Filgueira, 1982).

Recomendações de adubação para alface estão disponíveis nas recomendações para o estado de Pernambuco (IPA, 1998), da seguinte maneira:

para N em solos não analisados deve ser recomendado 30 kg/ha⁻¹ de N em fundação. Recomenda-se aplicar 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, conforme o solo disponha de menos de 11 mg dm⁻³ de P; 90 kg ha⁻¹ se o solo dispuser de 11 – 30 mg dm⁻³ de P e 60 kg ha⁻¹ se os teores de P forem maiores que 30 mg dm⁻³. Para Potássio a recomendação para Pernambuco é: em solos com teores menores que 0,12 cmol_c dm⁻³ de K aplicar 90 kg ha⁻¹ de K₂O, se o solo dispuser de 0,12 – 0,38 cmol_c dm⁻³ de K 60 kg ha⁻¹ de K₂O e se o solo tiver mais que 30 cmol_c dm⁻³ deve se aplicar 30 kg ha⁻¹ de K₂O. A fertilização em fundação deve ser feita distribuindo-se os fertilizantes a lanço sobre a superfície dos canteiros e incorporando à profundidade de 15cm.

Baseados em dados experimentais, bem como em observações próprias junto a olericultores, em solos de fertilidade alta ou média, a recomendação é aplicar 100 – 150g m⁻² de superfosfato simples, fazendo-se aplicação dentro dos sulcos de plantio, preferencialmente, ou então a lanço cobrindo o canteiro. No caso da alface é mais interessante o uso de adubos minerais simples, e não de formulações N–P–K, pois permite maior flexibilidade de aplicação adequada a cada aplicação (Filgueira, 1982).

Em pesquisa realizada por Garcia et al. (1982) para os cultivares de alface 48 e Clause's Aurélia observou-se que a marcha de absorção de nutrientes pela cultura, em linhas gerais, acompanhou a produção de matéria seca, sendo lenta no início e sofrendo aceleração após os 30 dias.

De acordo com Raij et al. (1996), no momento do preparo do solo deve-se adicionar 60 a 70 t/ha⁻¹ de esterco de curral bem curtido, ou um quarto dessa quantidade de esterco de galinha, pelo menos 10 dias antes da semeadura ou do transplante de mudas. Em cobertura deve-se realizar duas aplicações de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio aos 30 e 45 dias após a germinação. No caso de transplante de mudas, aplicar três coberturas de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio aos 10, 20 e 30 dias após o transplante das mudas.

2.3 Adubação fosfatada

As adubações minerais costumam conter fósforo em maiores proporções que nitrogênio e potássio; pesquisas já demonstraram que, de cada 100 kg de fósforo aplicado ao solo na forma de fertilizante mineral, apenas 3 a 30 kg são aproveitados pelas plantas no primeiro ano agrícola. Examinando-se a análise química das

plantas maduras, constata-se que o fósforo é encontrado em menores proporções que o nitrogênio, o potássio, o magnésio, o cálcio e o enxofre, vindo em sexto lugar em quantidade absorvida pelas plantas. A razão de se aplicar grandes quantidades de fósforo nas misturas de fertilizantes minerais está na sua baixa disponibilidade, após a sua aplicação (Raij, 1981). A pequena disponibilidade do fósforo mineral é devido ao processo de fixação que se verifica no solo; ou seja, a transferência de íons fosfatos livres na solução do solo para qualquer forma ligada à fase sólida, e mesmo incorporada por microrganismos (imobilização) tornando o nutriente, temporariamente, não disponível para as plantas (Kiehl, 1985).

Segundo Malavolta (1979), o programa de adubação fosfatada deve levar em consideração o fenômeno da fixação do fósforo, e a aplicação do fertilizante deve ser realizada de modo que a fixação seja reduzida a um mínimo. Desse modo será possível atender as necessidades da planta sem ter que usar quantidades excessivas do elemento, que pode até ser considerada fertilização antieconômica.

Os mecanismos envolvidos na fixação de fósforo no solo são: adsorção específica por óxidos de ferro e alumínio; adsorção por aluminossilicatos; adsorção por matéria orgânica, precipitação de fósforo nos solos ácidos, neutros ou alcalinos e a imobilização realizada por microrganismos diversos que também necessitam de fósforo para suas atividades (Novais, 1999).

Kiehl (1985) cita que o pH, a reação entre os íons fosfatados e os de cálcio, magnésio, manganês, os sesquióxidos de ferro e alumínio, certos minerais de argila ricos desses elementos, e a presença de micronutrientes, são fatores responsáveis pela maior indisponibilidade de fósforo no solo.

Os teores de fósforo na solução do solo são, em geral, baixos, da ordem de $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, sendo quase sempre inferiores a esse valor, o que é decorrência da baixa solubilidade dos compostos de fósforo existentes no solo e devido a elevada capacidade de retenção do elemento pelas partículas do solo (Raij, 1981).

O fósforo disponível no solo ocorre principalmente na forma de íons ortofosfato, derivado do ácido ortofosfórico H_3PO_4 que pode combinar com compostos de cálcio, ferro alumínio e matéria orgânica (Tsai e Rossetto, 1992). As raízes das plantas absorvem o fósforo nas formas de radicais iônicos H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , sendo a primeira mais encontrada em solos ácidos e a segunda em solos alcalinos (Kiehl, 1985).

É a quantidade de fosfato na solução do solo que está disponível para a planta e não o teor total de fosfato no solo; as plantas necessitam de pequenas

concentrações de fosfato solúvel, desde que esta seja constante durante seu ciclo vegetativo; isto significa que deve haver condições favoráveis para liberação rápida e contínua de fosfato da fração orgânica ou das formas minerais (formas fixadas), para garantir o suprimento (Kiehl, 1985). Ainda, de acordo com este autor, ao se e misturar os fertilizantes orgânicos com os minerais fosfatados, podemos usar menores quantidades de fósforo na fertilização, pois haverá maior disponibilidade de fósforo no solo; misturando fosforitas (fosfatos naturais) aos restos vegetais e animais a serem decompostos pelo processo de compostagem, teremos fósforo solubilizado pelos ácidos orgânicos formados durante a fermentação e também pela atuação de microrganismos decompositores; ainda mais, o húmus que vai sendo formado protege o fosfato que se encontra na forma solúvel, evitando sua fixação.

De um modo geral as plantas requerem um suprimento constante de fósforo durante toda a sua vida; no início do desenvolvimento as quantidades exigidas são pequenas, aumentando com o tempo. Na época da frutificação as necessidades são atendidas em parte pelo solo e também pelo adubo, e em parte pelas mobilizações das reservas: o fósforo sai do órgão mais velho (das folhas, por exemplo) e se dirige para os frutos em desenvolvimento. A falta do fósforo no solo ou na adubação se reflete em primeiro lugar na diminuição das colheitas: é o período da “fome escondida”. Quando as reservas diminuem ainda mais, não sendo refeitas através do uso de fertilizantes fosfatados, a planta começa a mostrar “sintoma de deficiência” ou de fome. Este fato ocorre com maior freqüência em culturas de ciclo rápido; nas perenes como o cafeeiro e os citros a resposta à adubação é diferente, e nem sempre ocorre o aparecimento desses sintomas. A fome de fósforo é caracterizada pelos seguintes sintomas: folhas velhas de cor-verde-azulada; tonalidade roxa nas folhas, pecíolos e colmos; espigas mal granadas, menor desenvolvimento, entre outros aspectos (Malavolta, 1979).

De acordo com Rajj (1981) a maior parte das matérias-primas usadas na fabricação de fertilizantes fosfatados é extraída de minas cujo principal mineral é a fluorapatita. Os minérios apatíticos raramente podem servir para uso direto como fertilizantes. Assim os adubos fosfatados usados na agricultura são o resultado de transformações químicas que destroem a estrutura da apatita, produzindo adubos de maior solubilidade. Antes de serem submetidos a tratamento químico, os minérios sofrem um processo de concentração, por flotação. Em seguida os materiais resultantes podem ser tratados com algum ácido (sulfúrico, fosfórico, nítrico). A produção de fertilizantes minerais pode ser também por processo térmico. A

caracterização química de fosfatos é feita de diversas maneiras, conforme o caso. Assim podem ser considerados os teores de P_2O_5 totais e os teores solúveis em ácido cítrico a 2%, em água e em citrato neutro de amônio. Os teores solúveis em ácido cítrico ou em água ajudam a identificar os minerais e interferir sobre a eficiência agronômica.

Cerca de 50% do ácido sulfúrico empregado na produção de adubos fosfatados é obtido a partir do enxofre elementar. (Malavolta, 1980). Segundo Raij (1981) os fertilizantes podem deixar no solo um resíduo ácido, neutro, ou alcalino, dependendo de sua composição. Além disso, sendo sais, eles aumentam a pressão osmótica da solução em que se dissolvem, são aspectos que afetam os solos e as plantas cultivadas.

2.4 Adubação potássica

O potássio é um macronutriente muito utilizado como fertilizante na agricultura brasileira, e é absorvido pelas plantas em grandes quantidades, e geralmente está associado a maior resistência das plantas às doenças. É um elemento muito abundante em rochas e nos solos, grande parte desse potássio encontra-se em minerais que contêm o elemento nas estruturas cristalinas. Os minerais primários mais importantes, portadores de potássio, encontrados em rochas ígneas, são os feldspatos e as duas micas muscovita e a biotita. (Raij, 1981).

Segundo Kiehl (1985) enquanto mais da metade do fósforo e do enxofre encontrado na superfície do solo está na matéria orgânica e quase todo o nitrogênio em combinações orgânicas, somente uma porção do potássio está nela contida. O potássio não participa de combinações orgânicas na planta, como acontece com o nitrogênio, fósforo e enxofre; ele é um elemento ativo na planta, porém em forma livre, sendo por isso prontamente liberado para o solo quando restos vegetais são a eles incorporados. O potássio é absorvido pelas raízes como íon potássio (K^+). Na linguagem técnica costuma-se usar a expressão potássio para o elemento ou catiônico (K^+) e potassa para o óxido de potássio (K_2O), tanto no solo como na planta, o potássio é um elemento com boa mobilidade.

O potássio é um dos macronutrientes exigidos pelas culturas em maior proporção. As necessidades desse elemento são muito maiores que as de fósforo, sendo da mesma ordem de grandeza que as exigências de nitrogênio, quando se considera a quantidade dos três elementos contidos na planta. O nitrogênio e o

fósforo (entre os macronutrientes) são os elementos que mais comumente limitam a produção por estarem em proporções menores no solo. Sendo assim o efeito do potássio só pode se manifestar plenamente quando forem satisfeitas primeiramente as necessidades de nitrogênio e de fósforo. É o que diz a lei de Liebig - a produção é governada pelo elemento que está no mínimo, ou seja, pelo nutriente que aparece na terra em menor proporção relativamente aos demais (Malavolta, 1979).

Raij (1981) cita que os sais de potássio são obtidos de minas profundas, que contém em geral, misturas de cloretos e sulfatos de potássio, sódio, magnésio e cálcio. O beneficiamento, que utiliza dissolução e recristalização, permite a obtenção dos diversos produtos, dos quais o cloreto de potássio é o mais importante, representando 95% do total de potássio produzido.

2.5 Uso de rochas fosfatadas e potássicas na agricultura

Fosfatos naturais são concentrados apatíticos obtidos a partir de minérios fosfáticos ocorrentes em jazidas, os quais podem ou não, passar por processos físicos de concentração, como lavagem e/ou flotação para separá-los com os quais estão misturados nas jazidas. Os fosfatos naturais cobrem uma ampla variação nesses tipos de minérios, em composição, textura e em origem geológica, mas apresentam pelo menos uma característica em comum, pois são constituídos por minérios do grupo das apatitas (Kaminski e Peruzzo, 1997).

O uso de fosfatos naturais como fertilizantes é assunto que desperta interesse em determinados meios técnicos. A idéia básica é a dissolução desses adubos pela acidez do próprio solo, economizando assim os gastos com o ácido usado na fabricação de fertilizantes solúveis em água e com o processamento industrial correspondente (Raij, 1981).

Para a produção de fertilizantes solúveis, ocorre grande consumo de energia, e o uso de mão de obra especializada no processamento do ácido sulfúrico ou fosfórico, e conseqüentemente promove um incremento nos custos, o que contribui para reduzir sua aplicação por produtores de baixa renda (Sanchez, 2002).

Em São José do Sabugi na Paraíba, ocorre em escala considerável, uma rocha natural (moída), classificada com feldspato potássico, com cerca de 10% de K_2O total que foi utilizada neste trabalho.

2.6 A bactéria oxidante do enxofre - *Acidithiobacillus*

A acidificação biológica produzida por microrganismos do solo contribui para aumentar a eficiência dos fosfatos naturais (Lombardi,1981). As bactérias denominadas *Thiobacillus* incluídos recentemente no gênero *Acidithiobacillus* (Kelly e Wood, 2000), distribuí-se amplamente no solo, e são encontradas principalmente em locais onde o enxofre oxidável é abundante, como minas, tratamento de esgoto, sendo também encontradas em água doce e ambientes marinhos. O grupo acidófilo é de grande importância, tanto na lixiviação biológica de metais contidos em minerais sulfetados e rejeitos de beneficiamento de minerais, como nos processos de corrosão de estruturas de concreto e biodeterioração da qualidade da água (Ford e Mitchel,1990)

As bactérias do gênero *Acidithiobacillus* (de metabolismo quimiolitotrófico) que utilizam o enxofre elementar ou tiosulfatos como fonte de energia, oxidando-os a ácido sulfúrico, têm potencial para atuar na liberação do fósforo dos fosfatos de rochas, destacando-se a espécie *A. thiooxidans* por oxidar rapidamente o enxofre em condições de elevada acidez (Eira,1992; Garcia Júnior, 1992).

As bactérias oxidantes do enxofre possuem grande importância na reciclagem do elemento do solo e algumas espécies são importantes em processos bioquímico, devido seu metabolismo, podem ser utilizadas em escala industrial em processos de solubilização de metais de interesse econômico, como o cobre, prata, ouro e urânio (Garcia Júnior,1991).

Segundo Postgate (1984) o enxofre é um dos elementos mais abundantes de nosso planeta, que ocorre predominantemente na forma oxidada como sulfatos em solos, rochas, rios e mares, e como óxido de enxofre em menor quantidade. Portanto, o enxofre pode ser mobilizado para uso biológico e ser reduzido por plantas e microrganismos especializados. A reciclagem do enxofre é um processo importante para a manutenção da vida no planeta.

Devido aos baixos teores de enxofre nos solos, a população de *A. thiooxidans* é limitada. No entanto, com a adição desse elemento no solo, pode ocorrer a multiplicação destas bactérias, resultando em melhor aproveitamento do fósforo pela planta (Lombardi, 1981). O uso desses microrganismos principalmente *A. thiooxidans* (com maior habilidade em solubilizar fosfatos de rocha) vem recebendo a atenção de pesquisadores e vem apresentando resultados promissores em diversas culturas, como as leguminosas caupi, jacatupé e sabiá (Santos, 2002;

Stamford et al., 2003, 2004, 2005), cana-de-açúcar (Lima, 2005), e melão (Moura 2006).

De acordo com Lombardi (1981) espécies da bateria *Acidithiobacillus* ocorrem naturalmente nos solos agrícolas; entretanto alguns poucos trabalhos realizados sem a adição da bactéria mostraram que a sua atuação na solubilização de fosfatos naturais é lenta e com resultados bastante variáveis, entretanto, a adição da bactéria aplicada diretamente sobre o enxofre promove ação mais rápida e eficiente (Santos, 2002).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Produção dos Biofertilizantes de rochas com P e K

Os biofertilizantes foram produzidos a partir de rocha fosfatada-RP (apatita-Irecê, Bahia) que contém aproximadamente 25% de P_2O_5 total e rocha potássica-RK (biotita xisto, Paraíba), contendo cerca de 10% de K_2O , em mistura com adição enxofre elementar, inoculado com a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus*, na proporção de 100 kg para 1000 kg de rocha.

A padronização do inóculo foi realizada pelo número de células viáveis, avaliada por Unidade Formadora de Colônias (UFC). O inóculo produzido com aproximadamente 10^6 UFC/ mL, em meio 9K (Garcia Júnior, 1991), usando 1000 mL de meio em Erlenmeyers de 2000 mL sob agitação a 180 rpm, durante 5 dias.

A produção dos biofertilizantes foi realizada em condições de campo, na horta experimental da UFRPE, em canteiros com 10m de comprimento, 1 m de largura e 0,5 m de profundidade (colocado o material até 0,40 m), distribuído em duas camadas de 0,20 m). A inoculação com *Acidithiobacillus* foi realizada diluindo-se 1L da cultura com *Acidithiobacillus* em 20L de água filtrada e esterilizada, aplicando-se 20L da cultura diluída para cada 1000 kg de rocha, após a mistura com enxofre, com uso de pulverizador de pressão. No final o canteiro foi coberto com uma lona preta, para evitar excesso de umidade pela precipitação. Para a produção dos biofertilizantes com P e com K foi procedida incubação por 60 dias, mantendo-se a umidade em torno da capacidade de campo (Stamford et al., 2004).

Ao final dos 60 dias de incubação cada biofertilizante foi submetido a secagem, em local sombreado, peneirado, ensacado e armazenado.

3.2 Experimentação em campo

O experimento foi conduzido em condições de campo com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica do biofertilizante com fósforo (BP) e o biofertilizante com potássio (BK), em comparação com os fertilizantes minerais solúveis, superfosfato simples (SFS) e cloreto de potássio (KCl) e com o controle sem adição de P e de K (P_0K_0) na cultura da alface.

3.2.1 Solo usado

O experimento foi conduzido em solo com baixo P disponível e médio K disponível, representativo da região do Cariri, na horta da EAFC (Escola Agrotécnica Federal de Crato), no município de Crato Ceará, classificado pela equipe de Pedologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como Latossolo Vermelho Amarelo húmico, textura franco arenosa, com relevo suavemente ondulado, geograficamente localizado na latitude W. Gr. 39° 25' e latitude S 7° 14', com altitude de 422m, na faixa de clima quente sub-úmido, com temperaturas máximas de 35°, mínima de 22° e média de 27°, com pluviosidade média de 800 mm. A caracterização química e física do solo está discriminada na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do Latossolo Vermelho Amarelo húmico, em amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm.

Atributos químicos	Valor	Atributos físicos	Valor
pH (H ₂ O 1:2,5)	6,2	Areia (g kg ⁻¹)	714
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,0	Silte (g kg ⁻¹)	116
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,6	Argila (g kg ⁻¹)	170
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,36
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,22	Densidade das partículas (g cm ⁻³)	2,45
P (mg dm ⁻³)	0,59	Porosidade total (%)	45,75
M. O. (g kg ⁻¹)	2,62		

Embrapa (1997)

3.2.2 Cultura e tratamentos

Como planta teste utilizou-se a alface cv. Crespa (Grand Rapids - TBR), com aplicação de adubação orgânica básica, usando vermicomposto de minhoca (0,5% de N), no nível equivalente a 600 g m⁻², conforme quadro de utilização do húmus para hortaliças da empresa pernambucana “Febra Húmus”, registrada na SAG – PE 1120201288. Foram realizadas duas aplicações, sendo no preparo dos canteiros (300 g m⁻²), e 15 dias após o transplante (300 g m⁻²).

Foram usados tratamentos com os nutrientes: fósforo (P) e potássio (K). Como fontes de P usou-se: a) biofertilizante BP₃₅ (35g m⁻² = 50% da quantidade de superfosfato simples - SFS) com base na recomendação da análise do solo; b) biofertilizante BP₇₀ (70g m⁻² = 100% da quantidade recomendada para SFS, com base na análise do solo); c) biofertilizante BP₁₀₅ (105g m⁻² = 150% da quantidade recomendada para SFS), com base na recomendação; d) SFS₇₀ (70g m⁻², de superfosfato simples), com base na recomendação da análise do solo; mais o tratamento e) sem adição de P (P₀). Como fontes de K usou-se: a) biofertilizante BK₃ (3g m⁻² = 50% da quantidade de cloreto de potássio (KCl), com base na recomendação; b) biofertilizante BK₆ (6g m⁻² = 100% da quantidade de KCl, recomendada com base na análise do solo; c) biofertilizante BK₉ (9g m⁻² = 150% da quantidade de KCl, recomendada com base na análise do solo; d) KCl₆ = aplicação de 6 g m⁻², de KCl; mais o tratamento e) sem adição de K (K₀). Na prática, os tratamentos com P e K foram adicionados juntamente com o vermicomposto de minhoca (300 g m⁻²), após homogeneização manual, para facilitar a distribuição dos fertilizantes, que foram aplicados a lanço.

3.2.3 Condução do experimento

O cultivo da alface seguiu o sistema convencional, sendo as mudas produzidas em bandejas de polietileno de 128 células, preenchidas com o substrato "plantmax", que é atualmente usado com sucesso pelos horticultores que trabalham na área onde o experimento foi realizado. O transplante da sementeira para o campo foi realizado quando as plantas atingiram a altura de 8 a 10 cm e com 4 a 6 folhas definitivas (cerca de 30 dias), Nos canteiros o espaçamento adotado foi de 0,25cm x 0,25 cm , compreendendo 5 plantas por fileira e 25 plantas por parcela. As plantas permaneceram no campo por 30 dias sendo irrigadas duas vezes ao dia por microaspersão, mantendo a umidade próxima à capacidade de campo. Semanalmente foram feitas amostragens na área experimental, para determinação da umidade, por secagem em estufa, observando-se que a umidade ficou próxima da capacidade de campo, durante toda fase experimental. Foram realizados dois plantios consecutivos (ciclo 1 e ciclo 2), sendo o segundo conduzido da mesma forma citada para o ciclo 1 mas, sem aplicação de fertilização com P e K, para verificar o efeito residual. Não houve necessidade de aplicação de inseticidas nem

fungicidas. No segundo ciclo só foi aplicado o vermicomposto, para todos os tratamentos, no plantio (300 g m^{-2}) e 15 dias após o transplante (300 g m^{-2}).

3.2.4 Determinações na planta e no solo

Em amostragem (3 plantas / parcela), realizando-se o corte de raiz, foram feitas as seguintes determinações na planta: peso da biomassa fresca e seca por pé (cabeça), determinação do número de folhas planta⁻¹, altura, avaliação comercial (considerando peso, aspecto foliar, coloração, número de folhas), para avaliação por nota de 0 a 5; P total e K total acumulado na parte aérea. No solo, em cada tratamento foram determinados: pH, P e K disponível. A determinação de P e K (percentual total) na planta foi realizada seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al., (1989), e as análises no solo foram procedidas de acordo com a metodologia da Embrapa (1997).

3.2.5 Delineamento e análise estatística

O delineamento utilizado foi o em blocos casualizados em esquema fatorial 5x5, com os tratamentos de fertilização com P: BP₀, BP₃₅, BP₇₀, BP₁₀₅ e SFS₇₀ (superfosfato simples) e de fertilização com K: BK₀, BK₃, BK₆, BK₉, e KCl₆ (cloreto de potássio), com 4 repetições. Foram realizados 2 ciclos (plantios consecutivos) para observar o efeito residual dos tratamentos de fertilização com P e K.

A análise estatística foi conduzida 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. A comparação de médias foi procedida pelo teste de Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados na planta

4.1.1 Biomassa fresca da parte aérea

Os resultados obtidos para a biomassa fresca da parte aérea da alface encontram-se na Tabela 2, e a visualização do efeito residual na Figura 1. A tabela 2 mostra que houve resposta positiva da fertilização com P e K, na biomassa fresca, quando comparado com o tratamento sem fertilização P_0K_0 . A Figura 1 mostra que houve efeito residual da fertilização com P e K na cultura da alface, tendo em vista que os dados apresentam aumento na biomassa fresca da parte aérea para todos os tratamentos. no 2º ciclo, em relação ao 1º ciclo. Os melhores resultados foram obtidos com aplicação do tratamento $BP_{70}BK_9$, seguido de $BP_{105}BK_6$ e $BP_{105}BP_9$ no 2º ciclo, e portanto, os biofertilizantes mostraram melhor efeito que o tratamento com a mistura dos fertilizantes químicos (superfosfato simples e cloreto de potássio).

Observa - se que no 1º ciclo os biofertilizantes nos níveis usados (50%, 100% e 150% da recomendação) os resultados de biomassa fresca na parte aérea da alface foram semelhantes ao superfosfato simples e ao tratamento com aplicação de cloreto de potássio no nível recomendado. Houve efeito residual, sendo que no 2º ciclo os biofertilizantes apresentaram resultados superiores aos da mistura com os fertilizantes químicos. Os tratamentos com menor desenvolvimento da matéria fresca no 1º ciclo foram: BP_0BK_6 , BP_0KCl_6 , $BP_{70}BK_0$, e no 2º ciclo BP_0KCl_6 , $BP_{35}KCl_6$.

De acordo com Lombardi (1981) com baixos teores de enxofre nos solos, a população de *Acidithiobacillus* é limitada, entretanto, com a adição do S elementar (forma reduzida) no solo, pode ocorrer multiplicação das bactérias, resultando em maior disponibilização de P para as plantas. Pode ser também considerado que as bactérias oxidantes do enxofre, além de *Acidithiobacillus*, e bem como fungos que produzem fosfatases (ácida e alcalina), como *Aspergillus*, *Cunninghamella*, entre outros, podem atuar nas rochas adicionadas ao solo e nos minerais existentes no solo com participação efetiva no aumento da disponibilidade de P.

Mota et al. (2003) relata que o fósforo pode interferir no equilíbrio nutricional da planta. Em alface americana, a deficiência de fósforo provoca retardamento no crescimento, má formação de cabeças comerciais e as folhas apresentam tonalidade que pode variar de verde-opaca a vermelho-bronze.

Tabela 2. 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 biomassa fresca da alface em solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.

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	
Biomassa fresca da parte aérea da alface no 1º ciclo (g planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	82aC	99bBC	96cBC	105aAB	124aA	101b
Biofertilizante K ₃	101aB	118abAB	119abAB	108aB	131aA	116a
Biofertilizante K ₆	96aC	120aAB	135aA	107aBC	135aA	119a
Biofertilizante K ₉	99aB	109abB	112bcB	110aB	138aA	114a
KCl ₆	95aC	108abBC	110bcBC	117aAB	131aA	112a
Médias	95c	111b	114b	109b	132^a	
Biomassa fresca da parte aérea da alface no 2º ciclo (g planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	94cC	113bcB	116dB	133bA	117cB	114d
Biofertilizante K ₃	121aC	128abBC	132bcABC	140bAB	143abA	133b
Biofertilizante K ₆	120aD	127abcCD	129bBC	156aA	148aAB	138ab
Biofertilizante K ₉	118abB	118abB	163aA	157aA	149aA	143a
KCl ₆	104bcD	104bcD	120cdBC	145abA	128bcB	122c
Médias	112d	122c	134b	146a	137b	

⁽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. C.V. (%) 1º ciclo = 9,02 e 2º ciclo = 5,87. D.M.S. 1º ciclo nas colunas e linhas = 20,07 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 15,14.

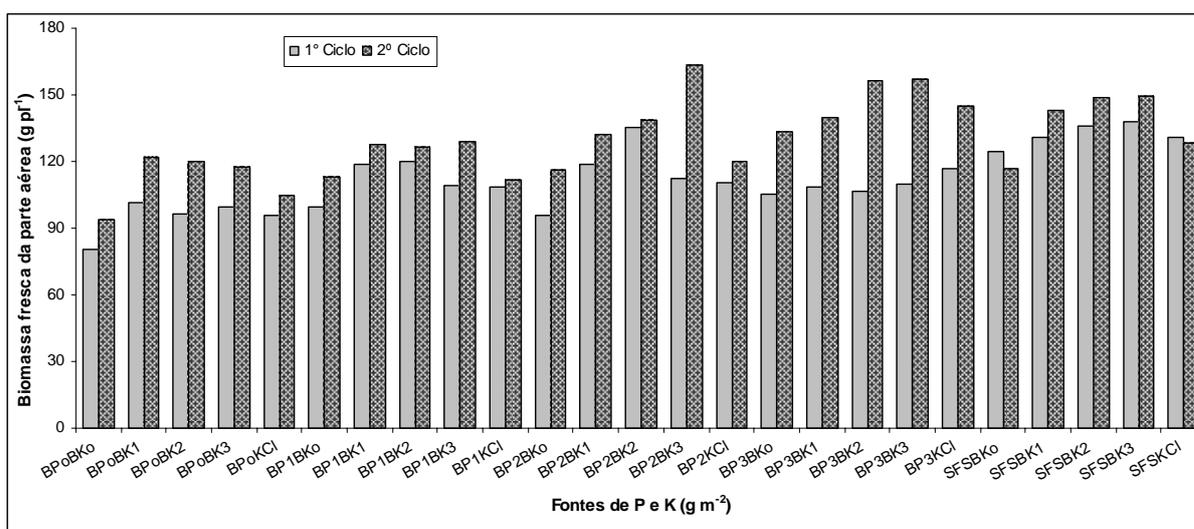


Figura 1. Efeito na biomassa fresca da parte aérea da alface, em dois ciclos.

4.1.2 Biomassa seca da parte aérea da alface

Na Tabela 3 são apresentados os dados para a biomassa seca da parte aérea da alface, e a visualização do efeito residual na Figura 2. A tabela 3 mostra que houve resposta positiva da fertilização com P e K, na biomassa seca, quando comparado com o tratamento sem fertilização P_0K_0 . O desenvolvimento das plantas de alface avaliado em termos de matéria seca apresentou efeito da fertilização com P e K nos dois ciclos.

Os melhores resultados no 1º ciclo foram $SFS_{70} BK_9$, $SFS_{70} BK_6$, e no 2º ciclo com $BP_{70} BK_9$, $SFS_{70} BK_6$, e com $SFS_{70} BK_9$. Os tratamentos que apresentaram os resultados mais baixos no 1º ciclo foram: $BP_0 BK_3$, $BP_{70} BK_0$, e no 2º ciclo $BP_0 BK_6$, $BP_{35} BK_0$, $BP_{70} BK_0$, $BP_{105} KCl$.

As temperaturas máximas registradas durante o cultivo foram consideradas elevadas, o que pode ter efeito no desenvolvimento da alface, pois a maioria das variedades de alface prefere temperaturas amenas sem grandes variações, sendo que uma amplitude de variação de 10 a 24°C é satisfatória para a maior parte das espécies cultivadas na região (Douglas,1987). Este fato pode ser uma explicação para a diferença de resultados na biomassa fresca e biomassa seca da parte aérea da alface.

Moura (2006) trabalhando com matéria seca da parte aérea de melão no vale do São Francisco, com biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas, Lima (2005) com cana-de-açúcar em solo de tabuleiro da Zona da Mata de Pernambuco, encontraram resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho.

Com referência ao efeito residual, de maneira geral não houve efeito residual bastante evidenciado no 2º ciclo, todavia, foi observado efeito residual quando aplicados os tratamentos $BP_{70} BK_9$ e menor efeito residual com aplicação de $BP_{35} BK_9$. Dias et al.(2005) também constataram efeito residual com aplicação de biofertilizantes de rochas com P e K, na cultura do caupi, em condições de casa-de-vegetação.

Tabela 3. Efeito da aplicação de biofertilizantes de rochas com P e K em comparação com (superfosfato simples e cloreto de potássio) e sem P e K na biomassa seca da alface em solo do com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.

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	
Biomassa seca da parte aérea da alface no 1º ciclo (g planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	4,4bB	5,2bAB	5,0bAB	5,4bAB	6,2bA	5,2c
Biofertilizante K ₃	6,8aAB	7,0aAB	6,0abB	6,8aAB	8,1aA	6,9a
Biofertilizante K ₆	6,8aA	6,9abA	6,9aA	6,6aA	7,7aA	7,2a
Biofertilizante K ₉	4,8bB	5,5abAB	5,7abAB	6,7aA	7,2abA	6,0b
KCl ₆	5,8abA	6,0abA	5,7abA	6,8aA	6,9abA	6,2b
Médias	5,7b	6,2b	5,9b	6,5ab	7,2^a	
Biomassa seca da parte aérea da alface no 2º ciclo (g planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	4,6aAB	4,3bB	4,1cB	5,3bcAB	5,9aA	4,8c
Biofertilizante K ₃	5,0aA	5,4abA	5,0bcA	5,1bcA	5,5aA	5,2bc
Biofertilizante K ₆	4,3aB	4,5bB	5,6bAB	6,7aA	6,6aA	5,5ab
Biofertilizante K ₉	4,5aC	5,9aB	7,6aA	5,9abB	6,7aAB	5,5ab
KCl	4,9aA	5,6abA	5,5bA	4,5cA	5,6aA	6,0a
Média	4,7c	5,1bc	5,6ab	5,5ab	6,0a	

⁽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. C.V. (%) no 1º ciclo = 10,69 e no 2º ciclo = 12,64. D.M.S. 1º ciclo nas colunas e linhas = 1,80 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 1,35.

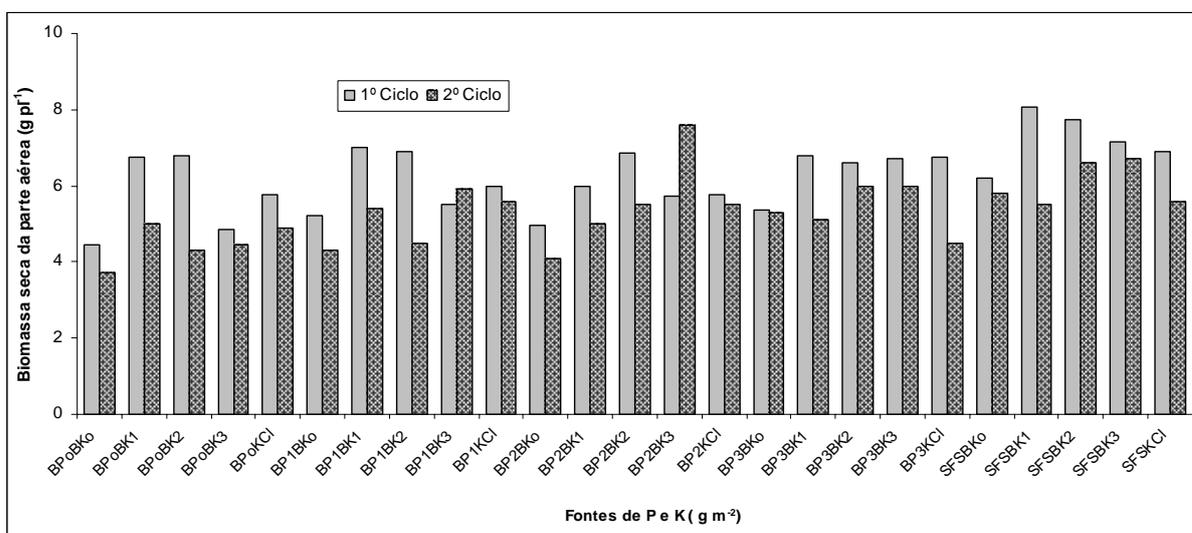


Figura 2. Efeito na biomassa seca da parte aérea da alface em dois ciclos.

4.1.3 Número de folhas da planta

Os resultados obtidos para o número de folhas nas plantas da alface encontram-se na Tabela 4, e a visualização do efeito residual na Figura 3.

Em relação ao número de folhas por plantas houve efeito da fertilização com P e K no 1º e no 2º ciclo. Observou-se efeito residual no 2º ciclo, com resultados melhores do que no 1º ciclo (Figura 3). Os melhores resultados observados no 1º ciclo foram com os tratamentos SFS BK₆, BP₇₀ BK₃, BP₇₀ BK₆, BP₇₀ BK₉ e no 2º ciclo BP₁₀₅ BK₆, BP₁₀₅ BK₉, BP₇₀ BK₃, BP₇₀ BK₆, BP₇₀ BK₉. O tratamento com superfosfato simples e biofertilizante BK₆ foi superior ao superfosfato com cloreto de potássio nos níveis recomendados pela análise do solo. Os tratamentos que apresentaram menor número de folhas por planta no 1º ciclo foram: BP₀ K₃, BP₀ K₆, BP₀ K₉, BP₀ KCl, BP₃₅ BK₀ e no 2º ciclo BP₀ K₃ e BP₃₅ KCl, notando-se portanto, que nos menores níveis de P e de K houve redução no número de folhas, ou seja a fertilização com baixo P e K não foi suficiente para atender as necessidades da planta para este parâmetro.

De acordo com Mota (1999) o potássio aumenta a resistência ao ataque de pragas e doenças, promove maior conversão de nitrogênio em proteínas, aumentando a biomassa; ativa diversos processos enzimáticos, promove a eficiência do uso da água, devido ao controle de abertura e fechamento dos estômatos.

4.1.4 Altura da planta

Os resultados obtidos para altura das plantas da alface encontram-se na Tabela 5, e a visualização do efeito residual na Figura 4. Com relação aos efeitos da fertilização com P e K na altura das plantas de alface no 1º ciclo, observou-se efeito mais pronunciado da aplicação da fertilização em relação ao tratamento sem P e K (controle). Houve efeito da fertilização com P, entretanto, pode ser considerado que mesmo com pequeno efeito entre os tratamentos com fertilização, os melhores resultados foram obtidos com SFS₇₀ aplicado com BK₆ e BK₉. Com relação ao efeito da fertilização com potássio, os melhores resultados também foram obtidos com SFS mais o biofertilizante com potássio nos níveis usados.

No 2º ciclo, houve efeito da aplicação de fertilizantes, embora pouco pronunciado. Também pode ser observado que, de uma maneira geral, os melhores resultados com aplicação de P foram obtidos com os biofertilizantes, em comparação com o tratamento controle e o fertilizante solúvel (KCl₆).

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 solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.

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	
Número de folhas da alface no 1º ciclo (unidade planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	8,7bB	13,2aA	14,0aA	13,7aA	13,2bA	12,6b
Biofertilizante K ₃	11,5aB	14,5aA	15,2aA	12,7aAB	15,0abA	13,8a
Biofertilizante K ₆	12,7aB	14,5aB	15,0aAB	13,0aB	17,2aA	14,5a
Biofertilizante K ₉	12,5aB	13,5aA	14,7aA	14,0aA	15,0abA	14,0a
KCl ₆	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 ₃	16,0abB	18,2abA	18,2aA	19,2bcA	18,0aA	18,0a
Biofertilizante K ₆	16,7abC	18,5aAB	18,5aAB	19,7abA	17,5aBC	18,2a
Biofertilizante K ₉	17,0aC	18,2abBC	18,7aB	21,0aA	18,0aBC	18,6a
KCl ₆	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. C.V. (%) 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.

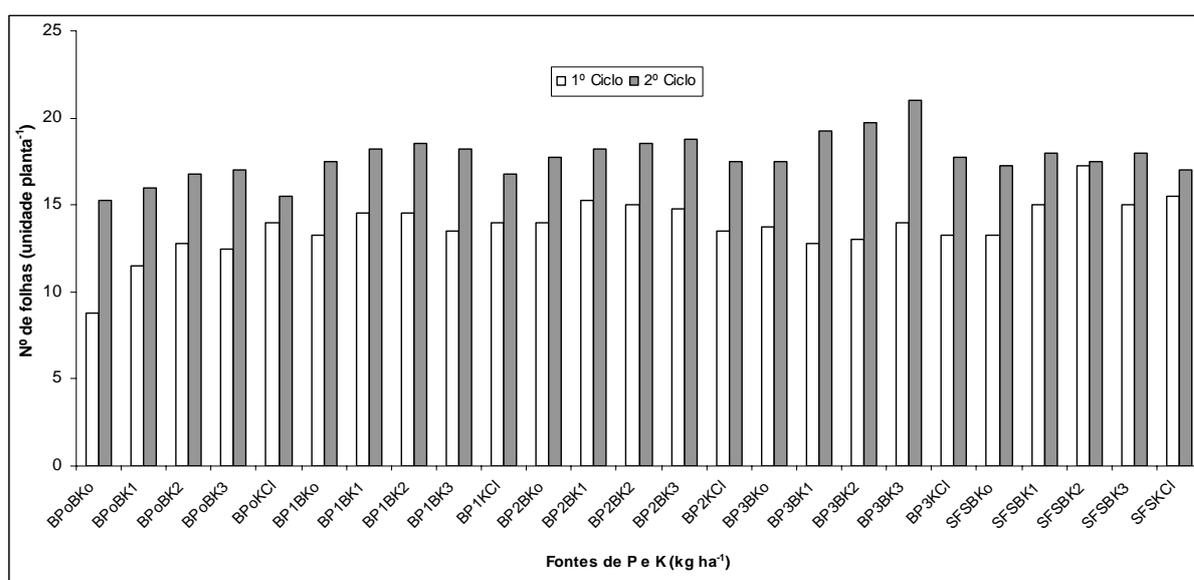


Figura 3. Efeito da fertilização com P e K no número de folhas da alface, em 2 ciclos.

Tabela 5. 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 solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.

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)						
K ₀ (sem K)	16,8bC	18,2aBC	20,0aAB	20,2aAB	21,8aA	19,4c
Biofertilizante K ₃	17,9abC	20,3aAB	20,5aAB	18,5aBC	21,8aA	19,8bc
Biofertilizante K ₆	19,7aB	20,3aB	20,4aB	19,6aB	23,9aA	20,8a
Biofertilizante K ₉	19,5aB	19,6aB	19,8aB	20,2aB	23,2aA	20,5ab
KCl ₆	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 ₃	19,0aB	19,7aAB	20,2abAB	21,2abA	20,0aAB	20,0a
Biofertilizante K ₆	18,7aB	20,5aAB	21,2aA	21,2abA	20,5aAB	20,4a
Biofertilizante K ₉	19,2aB	20,0aAB	21,0aAB	22,0aA	21,0aAB	20,6a
KCl ₆	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. C.V. (%) no 1º ciclo = 5,41 e no 2º ciclo = 5,20; D.M..S. no 1º ciclo nas colunas e linhas = 2,15 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 2,03

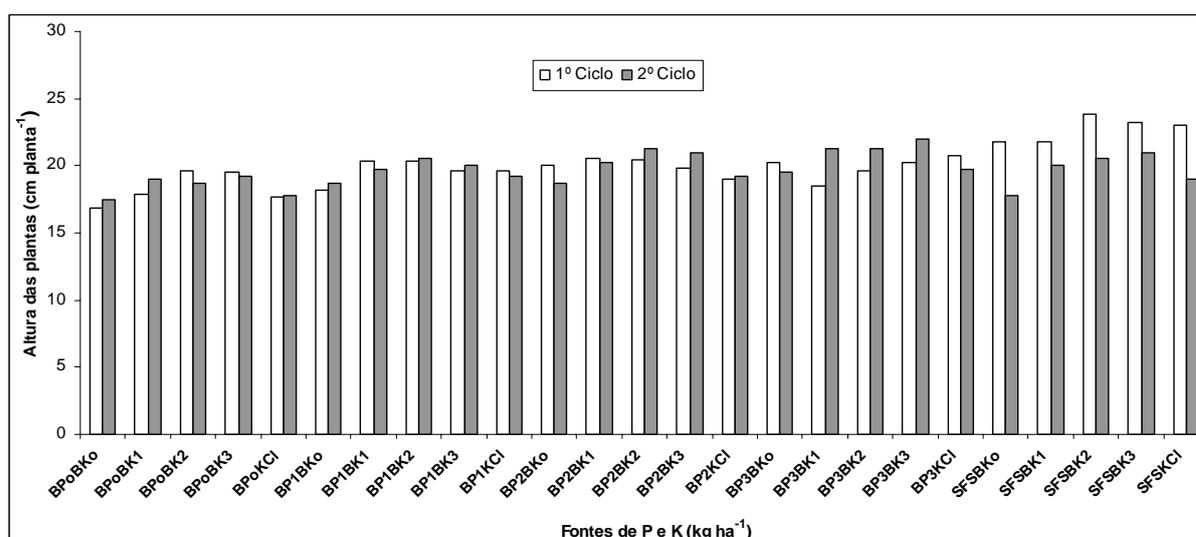


Figura 4. Efeitos da fertilização com P e K na altura da alface, em 2 ciclos

Para altura das plantas da alface os melhores resultados no 1º ciclo foram com SFSBK₆, SFSBK₉, SFSKCl e no 2º ciclo com BP₁₀₅BK₉, BP₁₀₅BK₆, BP₁₀₅BK₉. Observou-se que não houve efeito residual, com exceção dos tratamentos com aplicação dos biofertilizantes BP₁₀₅BK₃, BP₁₀₅BK₆ e BP₁₀₅BK₉.

4.1.5 Avaliação comercial

Os resultados obtidos para a avaliação comercial estão apresentados na Tabela 6, e a visualização do efeito residual na Figura 5. O aspecto comercial é um fator muito importante quando se trata de comercialização do produto, pois o aspecto visual vai influenciar diretamente na escolha pelo consumidor. Em relação a esse parâmetro houve efeito da fertilização com P e K e efeitos residuais significativos principalmente com os biofertilizantes BP₇₀ BK₉, BP₇₀ BK₆. Os melhores resultados no 1º ciclo foram com os tratamentos: SFS₇₀ BK₆, SFS₇₀ BK₉, SFS₇₀ KCl₆, e no 2º ciclo BP₇₀ BK₆, BP₇₀ BK₆. Os resultados com menor avaliação, sem considerar o tratamento controle, foram BP₀ BK₆, BP₀ KCl₆, mostrando que a aplicação de nível muito baixo de biofertilizante e KCl não foram suficientes.

Moura (2006), trabalhando com melão no Vale do São Francisco, com aplicação de biofertilizantes de rochas com P e K, e fertilizantes convencionais, encontraram resultados semelhantes para a avaliação comercial do meloeiro.

4.1.6 Fósforo acumulado na parte aérea da alface

Na tabela 7 estão apresentados os dados relativos para fósforo acumulado na parte aérea, e a visualização do efeito residual na Figura 6. Verifica-se que houve efeito da fertilização com P e K no 1º ciclo e no 2º ciclo (Tabela 7). Os melhores resultados, de uma maneira geral, foram com aplicação de BP₁₀₅BK₆, SFS₇₀ BK₆ e SFS₇₀KCl₆, no 1º ciclo. No 2º ciclo foi verificado efeito da fertilização, quando comparados os tratamentos com adição de P e K e o controle, entretanto, não se observou efeito entre os tratamentos com adição de P e K.

Com relação ao efeito residual, observou-se resposta tendo em vista que de uma maneira geral os valores foram mais elevados no 2º ciclo, com exceção dos tratamentos BP₇₀BK₆, BP₁₀₅ BK₆, SFS₇₀ BK₆ e SFS₇₀ KCl₆.

Tabela 6. 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 na avaliação comercial da alface em solo com baixo P e médio K disponível em 2 ciclos.

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 ₃	3,7aA	4,2aA	4,2aA	4,0aA	4,0aA	3,8b
Biofertilizante K ₆	3,2aC	4,0aABC	4,2aAB	3,7aBC	4,7aA	3,8b
Biofertilizante K ₉	3,5aB	3,5aB	3,5aB	3,5aB	4,7aA	3,9b
KCl ₆	3,2aB	4,0aAB	3,5aB	4,0aAB	4,5aA	4,4a
Médias	3,7^a	4,0^a	4,0^a	3,7^a	3,8^a	
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 ₃	3,7abB	4,5aA	4,5abAB	4,5abAB	4,0aAB	4,3a
Biofertilizante K ₆	4,0aA	4,5abA	4,7abA	4,2abA	4,0aA	4,3a
Biofertilizante K ₉	3,7abB	4,7aA	5,0aA	5,0aA	4,2aAB	4,5a
KCl ₆	3,5abA	4,0abA	4,0bA	3,7bA	4,0aA	3,8b
Médias	3,6^c	4,3^{ab}	4,4^a	4,3^{ab}	4,0^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. C.V. (%) 1º ciclo= 12,76 e 2º ciclo = 9,33. D.M..S. 1º ciclo nas colunas e linhas = 0,97 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 0,76.

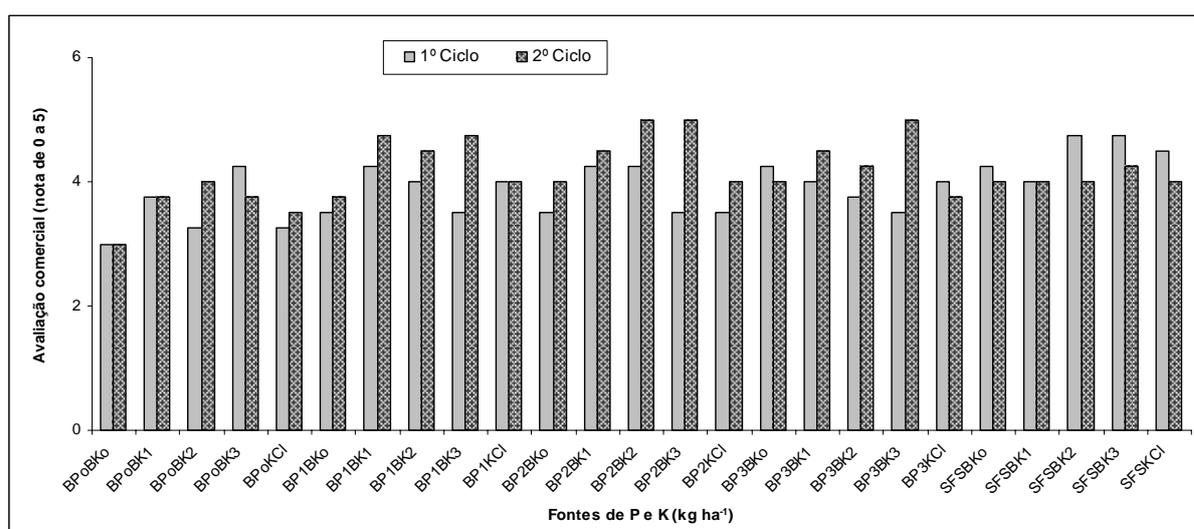


Figura 5. Efeitos da fertilização com P e K na avaliação comercial da alface, em 2 ciclos.

Tabela 7. 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 P total acumulado na alface em solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.

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	
P total acumulado na parte aérea da alface no 1º ciclo (mg planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	2,3bC	3,4aB	3,4aAB	3,6bcAB	4,1abA	3,4bc
Biofertilizante K ₃	3,2aB	3,3aAB	3,4aAB	3,3cAB	3,9bA	3,4bc
Biofertilizante K ₆	3,2aB	3,5aB	3,6aB	4,6aA	4,7aA	3,9a
Biofertilizante K ₉	3,5aB	2,5bD	3,4aBC	4,3abA	2,8cCD	3,3c
KCl ₆	3,1aB	3,0abB	3,3aB	4,1abA	4,7aA	3,7ab
Médias	3,1c	3,1c	3,4b	4,0a	4,0a	
P total acumulado na parte aérea da alface no 2º ciclo (mg planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	3,0bB	3,8aA	3,9aA	4,0aA	4,0aA	3,7b
Biofertilizante K ₃	3,8aA	3,9aA	3,9aA	4,0aA	4,0aA	3,9^a
Biofertilizante K ₆	4,0aA	4,0aA	4,0aA	4,0aA	4,0aA	4,0a
Biofertilizante K ₉	3,8aA	3,8aA	3,9aA	3,9aA	4,0aA	3,9^a
KCl ₆	3,9aA	3,9aA	3,8aA	4,0aA	4,0aA	4,0a
Médias	4,0^a	3,9^a	4,0a	3,9a	3,7b	

⁽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. C.V. (%) 1º ciclo = 9,35 e 2º ciclo = 4,11. D.M..S. no 1º ciclo nas colunas e linhas = 0,29 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 0,14.

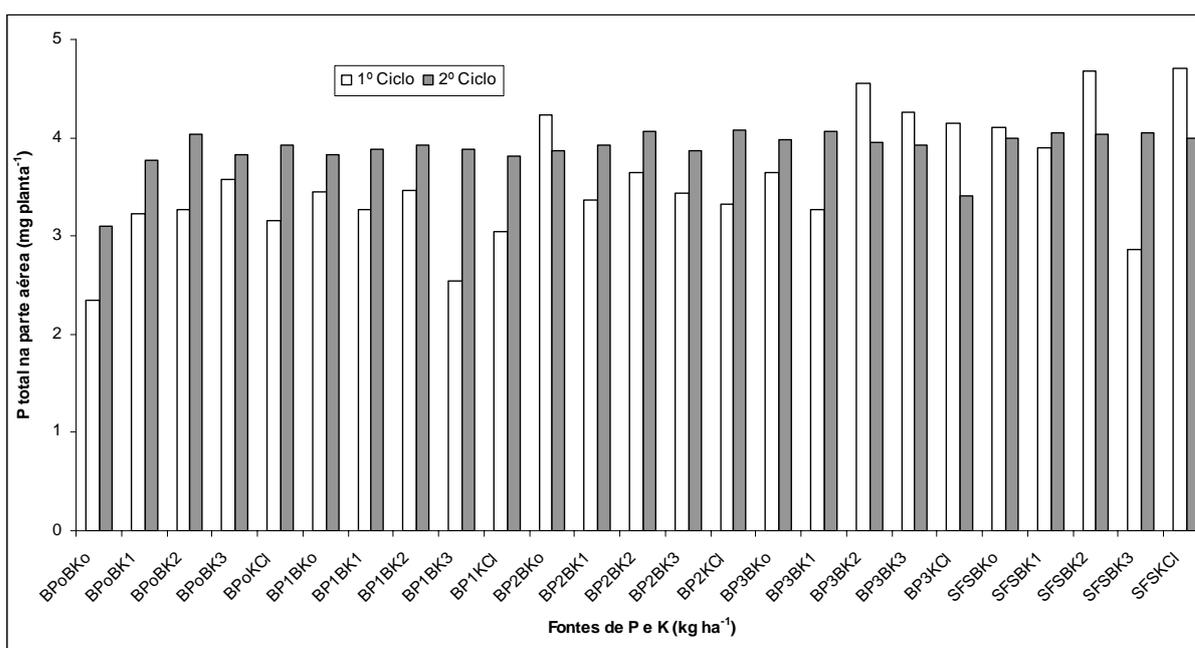


Figura 6. Efeitos da fertilização com P e K no P total acumulado na parte aérea da alface, em 2 ciclos.

4.1.7 Potássio acumulado na parte aérea da alface

Na Tabela 8 estão apresentados os dados relativos para K acumulado na parte aérea da alface, e a visualização do efeito residual da Figura 7. A tabela 8 mostra que houve efeito da fertilização com P e K. As plantas que apresentaram menores quantidades de potássio acumulado na parte aérea da alface no 1º ciclo foram BP₃₅ BK₉, SFS BK₉ e no 2º ciclo foram BP₀ BK₃, BP₀ BK₉, BP₀ BK₉,

Observou-se efeito residual muito baixo, ou seja, houve queda considerável do K acumulado na parte aérea da alface no 1º ciclo em relação ao 2º ciclo. A acumulação de potássio nas folhas da alface no 1º ciclo foi superior nas plantas que foram cultivadas com os biofertilizantes com K nos níveis mais baixos, e no 2º ciclo o tratamento BP₇₀ BK₉, apresentou o melhor efeito residual.

Dias et al. (2005) encontrou efeito residual significativo dos biofertilizantes com P e K de rochas cultivando caupi em um solo de tabuleiro da Zona da Mata de Pernambuco, com baixo P e K disponível.

Segundo Mota (1999) todos os nutrientes são importantes para o bom desenvolvimento das plantas, porém alguns são mais exigidos. A alface absorve em maior quantidade os nutrientes como potássio, o nitrogênio, o cálcio e o fósforo, não se podendo desprezar, no entanto, a importância dos demais. Quando o solo apresenta elevado teor de potássio disponível as plantas têm tendência de absorver o nutriente em quantidade excessiva, ou seja, além de suas necessidades, o que é definido como consumo de luxo.

No caso de hortaliças como alface, ocorre grande extração de potássio, no entanto a aplicação em altos níveis não tem demonstrado resposta na produção. Geralmente o aumento nos níveis de potássio na planta, além do ótimo, não causa efeitos substanciais nos constituintes orgânicos das plantas e nem na resistência a doenças (Zambon, 1982).

Tabela 8. 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 K total acumulado na alface em solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.

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	
K total acumulado na parte aérea da alface no 1º ciclo (mg planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	30,8bAB	31,6cAB	30,4bB	33,9bAB	41,5bA	33,6c
Biofertilizante K ₃	40,4abB	44,0abB	36,5abB	44,4abAB	54,4aA	43,9^a
Biofertilizante K ₆	47,2aA	49,1aA	43,2aA	40,1abA	49,1abA	45,7^a
Biofertilizante K ₉	32,8bB	35,3bcAB	37,4abAB	42,1abAB	44,4abA	38,4bc
KCl ₆	36,4abA	37,2bcA	41,9aA	46,6aA	44,8abA	41,4ab
Médias	37,5b	39,4b	37,9b	41,4b	46,8a	
K total acumulado na parte aérea da alface no 2º ciclo (mg planta ⁻¹)						
K ₀ (sem K)	21,1aAB	25,7aB	25,1bB	34,2abAB	36,7aA	30,0b
Biofertilizante K ₃	28,8aA	36,0aA	28,6bA	33,6abA	33,6aA	32,1ab
Biofertilizante K ₆	27,9aB	27,3aB	32,1bAB	42,0aA	38,4aA	33,6ab
Biofertilizante K ₉	26,6aC	33,6aBC	45,8aA	38,0abAB	37,6aAB	36,3^a
KCl ₆	28,4aA	34,3aA	32,2bA	28,4bA	32,3aA	31,2b
Médias	28,0b	31,4ab	33,0a	35,2a	35,7^a	

⁽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. C.V. (%) 1º ciclo = 13,49 e 2º ciclo = 15,90. D.M..S. 1º ciclo, colunas e linhas = 10,85 e 2º ciclo colunas e linhas = 10,27.

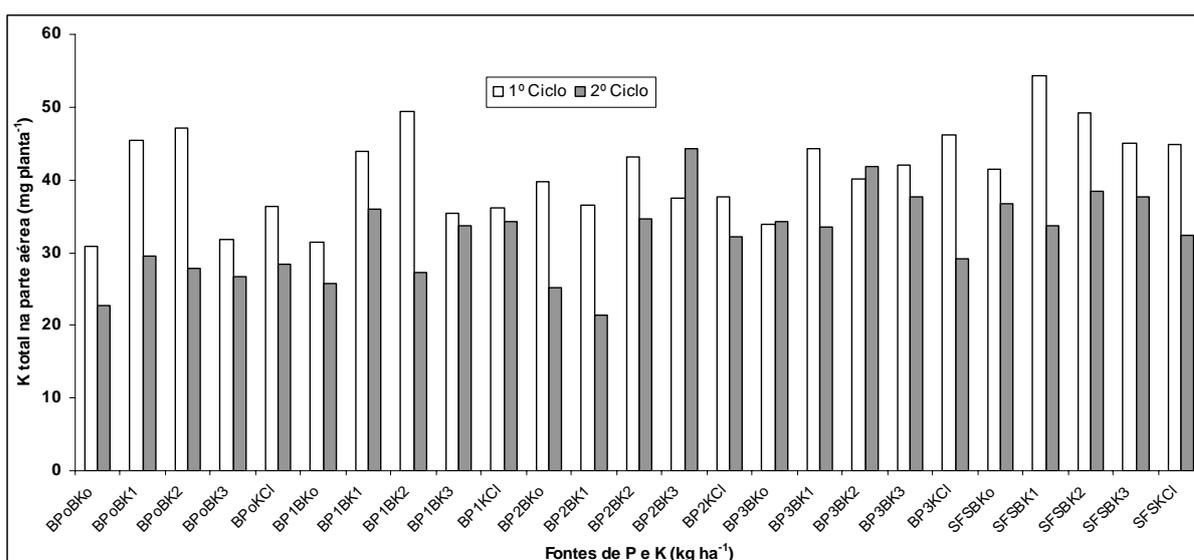


Figura 7. Efeitos da fertilização com P e K no K total acumulado na parte aérea da alface, em 2 ciclos.

4.2 Resultados no solo

4.2.1 Efeitos no pH do solo

Os dados de pH obtidos em função da aplicação dos tratamentos de fertilização, revelaram que de maneira geral não houve redução no pH capaz de promover efeito negativo no desenvolvimento da planta, e foi possível uma boa produtividade com níveis com base na recomendação da análise de solo com os biofertilizantes e com os fertilizantes minerais. Mesmo aplicados em níveis elevados não houve efeito dos biofertilizantes com P e K, que apresentam pH menor que 4,0, provavelmente devido à adição conjunta com vermicomposto de minhoca que tem pH em torno de 7,8.

Em resultados obtidos por Ernani et al., (2001) o pH do solo foi afetado pelos tratamentos fosfatados, sem prejuízo no desenvolvimento das plantas. É possível que a redução do pH observada nos tratamentos com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* possa ter influenciado a maior disponibilidade de P (Mehlich-1) e a acidificação do solo. He et al., (1996) consideraram o efeito da acidez como fator de grande importância na solubilidade de fosfatos naturais. 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 4,5 com adição de $1,8 t ha^{-1}$ de S.

Em solo de tabuleiro com baixo P disponível, Stamford et al. (2003, 2004 e 2005) cultivando jacatupé, caupi e sabiá, respectivamente, observaram efeito de biofertilizantes de rocha com P (apatita de Gafsa), promovendo redução acentuada no pH do solo. Dias et al. (2005) com caupi verificou que com aplicação de calagem para pH 6,0 não houve acidificação do solo, mesmo com adição de níveis elevados de biofertilizantes de rochas com P e K (dobro do nível recomendado para SFS e KCl).

Tabela 9. 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 pH do solo com baixo P e médio K na alface em 2 ciclos.

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	
pH do solo (H ₂ O) no 1º ciclo						
K ₀ (sem K)	6,3aA	6,2aA	6,1aA	6,0aA	6,0aA	6,1a
Biofertilizante K ₃	6,3aA	6,2aA	6,2aA	6,2aA	5,9aA	6,2a
Biofertilizante K ₆	6,2aA	6,1aA	6,2aA	6,1aA	5,9aA	6,1a
Biofertilizante K ₉	6,1aA	6,4aA	6,1aA	6,2aA	6,0aA	6,2a
KCl ₆	6,6aA	6,2aAB	6,5aA	6,0aB	5,9aB	6,2a
Médias	6,3^a	6,2ab	6,2ab	6,1bc	5,9c	
pH do solo (H ₂ O) no 2º ciclo						
K ₀ (sem K)	6,1aA	6,1aA	5,9aA	6,2aA	5,9aA	6,0a
Biofertilizante K ₃	6,0aA	6,1aA	6,2aA	6,1aA	6,0aA	6,1a
Biofertilizante K ₆	6,0aA	6,0aA	6,1aA	6,2aA	5,9aA	6,1a
Biofertilizante K ₉	6,2aA	6,1aA	6,1aA	6,0aA	5,9aA	6,1a
KCl ₆	6,1aA	5,9aA	6,2aA	6,2aA	5,9aA	6,1a
Médias	6,1^a	6,1a	6,1^a	6,1a	5,9a	

⁽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. C.V. (%) no 1º ciclo = 4,12 e no 2º ciclo = 4,63. D.M.S. no 1º ciclo nas colunas e linhas = 0,50 e no 2º ciclo nas colunas e linhas = 0,56.

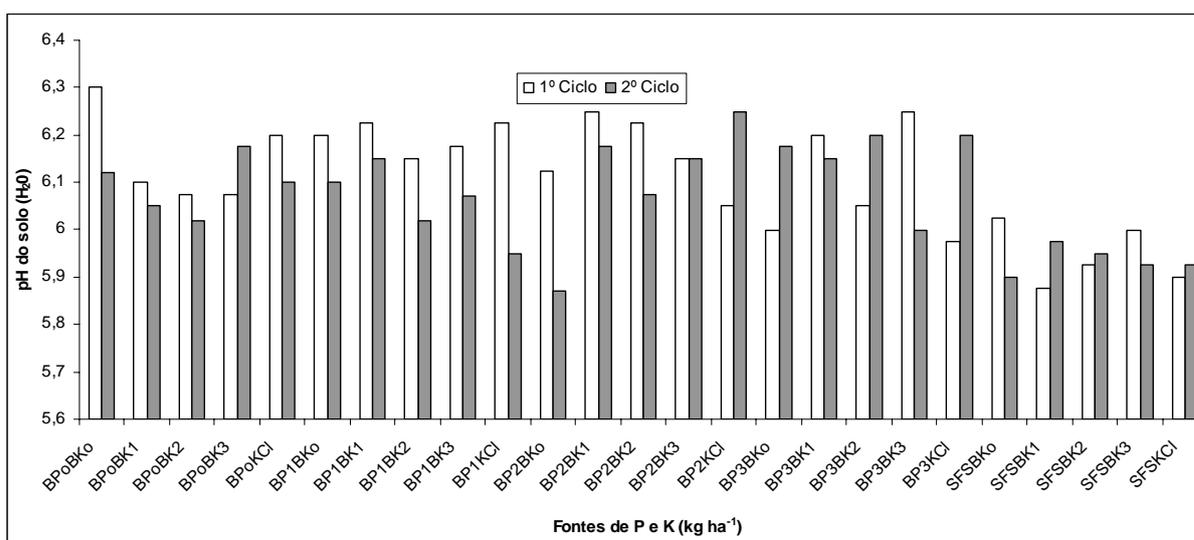


Figura 8. Efeitos da fertilização com P e K no pH do solo utilizado no experimento, em 2 ciclos.

4.2.2 Efeitos no P disponível do solo

Os resultados obtidos para P disponível no solo encontram-se na Tabela 10, e a visualização do efeito residual na Figura 9. Verifica-se que houve efeito da fertilização com P e K, no P disponível no solo, com efeitos residuais evidenciados no 2º ciclo (Figura 9), especialmente para os tratamentos BP₇₀ BK₉ e SFS₇₀ BK₆.

Em um experimento realizado em casa de vegetação com um Espodosolo da Zona da mata de Pernambuco cultivado com sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), Santos (2002) relata que a utilização de fosfato natural revestido com enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, apresentou resultados superiores ao superfosfato triplo.

Moura (2003) trabalhando com Jacatupé e caupi concluiu que o fosfato natural em mistura com S inoculado com *Acidithiobacillus* aumenta a disponibilidade de P e Lombardi (1981) afirma que devido aos baixos teores de enxofre nos solos, a população de *Acidithiobacillus* é limitada, no entanto, com a adição desse elemento no solo, pode ocorrer a multiplicação destas bactérias, resultando em melhor aproveitamento do fósforo pela planta.

Stamford et al. (2005) observaram efeito positivo do fosfato natural de Gafsa com adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* no P disponível no solo cultivado com sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*).

De acordo com Raij (1986) é recomendável o uso de fontes alternativas de P como fosfato de rocha, quando são obtidos rendimentos de 80% a 90% do apresentado pela fonte solúvel, o que está de acordo com os resultados obtidos para alface no presente trabalho.

Tabela 10. 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 P disponível em solo com baixo P e médio K disponível, em 2 ciclos.

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	
P disponível no solo (mg dm ⁻³), no 1° ciclo						
K ₀ (sem K)	1,4aC	2,7cC	6,2bB	11,1aA	6,4cdB	5,5c
Biofertilizante K ₃	1,9aC	4,5bB	4,6cB	7,8bA	7,5bcA	5,3c
Biofertilizante K ₆	2,0aC	6,3aB	7,5abB	10,6aA	9,6aA	7,2a
Biofertilizante K ₉	2,7aD	4,4bC	6,5abB	9,8aA	5,9dB	5,8bc
KCl ₆	2,1aD	4,9bC	7,7aB	9,9aA	7,9bB	6,5b
Médias	2,0e	4,6d	6,5c	9,8aA	7,5b	
P disponível no solo (mg dm ⁻³), no 2° ciclo						
K ₀ (sem K)	1,0aC	2,2cC	4,3cB	7,1aA	5,2cB	3,9c
Biofertilizante K ₃	2,0aC	4,4bB	6,6bA	7,6aA	6,8bA	5,5b
Biofertilizante K ₆	1,5aE	4,9bD	6,5bC	8,5aB	10,9aA	6,5a
Biofertilizante K ₉	1,8aC	8,6aB	10,5aA	7,7aB	7,0bB	7,0a
KCl ₆	2,2aB	2,4cB	2,6cB	4,7bA	5,0cA	3,3c
Médias	1,7d	4,4c	6,1b	7,1a	7,0a	

⁽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. C.V. (%) no 1° ciclo = 11,73 e no 2° ciclo = 14,47. D.M.S. no 1° ciclo nas colunas e linhas = 0,22 e no 2° ciclo nas colunas e linhas = 0,22

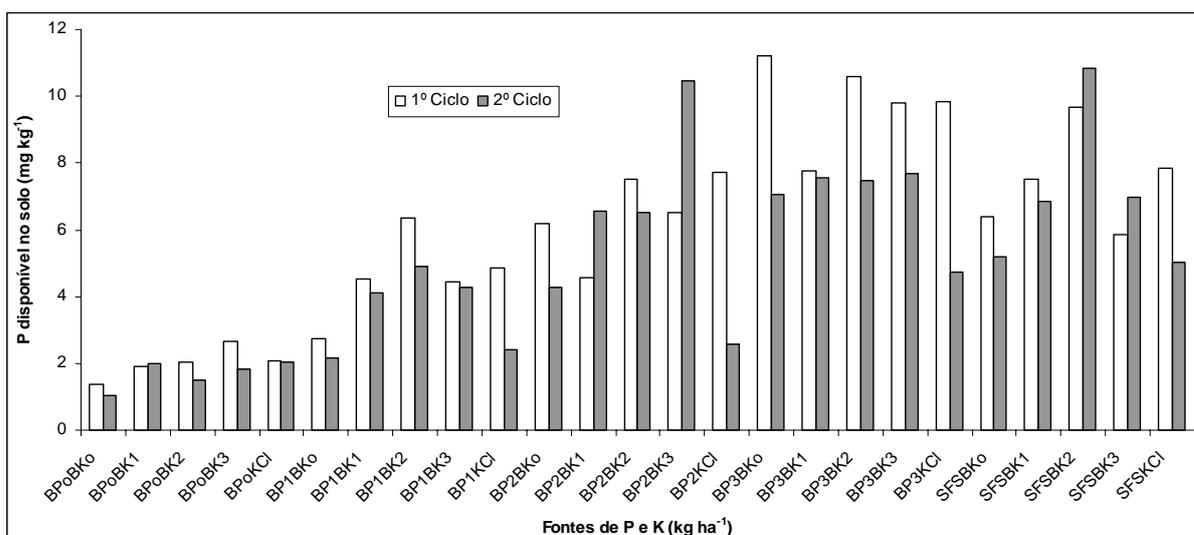


Figura 9. Efeitos da fertilização com P e K no P disponível do solo utilizado no experimento, em 2 ciclos.

4.2.3 Efeitos no K disponível no solo

Os resultados obtidos para K disponível encontram-se na Tabela 11, e a visualização do efeito residual na Figura 10. A tabela 11 mostra que houve efeito da fertilização com P e K no 1º ciclo, sendo os melhores resultados com os tratamentos BP₀ KCl₆ e BP₁₀₅ KCl₆. No 2º ciclo não se observou efeito residual, sendo que o tratamento com maior disponibilidade de K no solo, no 2º ciclo, foi com aplicação de BP₀ BK₉ e de BP₁₀₅ KCl₆, provavelmente porque estes tratamentos não promoveram bom crescimento da planta no 1º ciclo, e o K permaneceu no solo, sendo usado no 2º ciclo.

A ausência de efeitos residuais no 2º ciclo para os biofertilizantes é justificada pelo teor de K₂O presente na biotita xisto utilizada no experimento que é torno de 10% em comparação com o cloreto de potássio que possui cerca de 58% de K₂O. O potássio do KCl encontra-se prontamente disponível, e pode ter sido lixiviado, o que pode ser observado, inclusive no tratamento com os dois fertilizantes solúveis (superfosfato simples e cloreto de potássio). Padilha (1998) cita que se o potássio estiver em grande quantidade disponível no solo, as plantas têm tendência a absorvê-lo em excesso, caracterizando o consumo de luxo.

Mota (1999) trabalhando com efeito do potássio em alface americana concluiu que altas doses, acima de 300 kg ha⁻¹ é prejudicial a produção de alface e que o potássio não teve influência na produção de folhas externas, peso de folhas externas e o comprimento do caule e que os melhores resultados foram conseguidos com 113,77 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

Tabela 11. 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 K disponível em solo com baixo P e médio K disponível, nos 2 ciclos.

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	
K disponível no solo (mg dm ⁻³), no 1° ciclo						
K ₀ (sem K)	0,28cC	0,43aAB	0,39cAB	0,46aA	0,36bBC	0,47a
Biofertilizante K ₃	0,51abA	0,47aA	0,47abcA	0,44aA	0,31bB	0,46a
Biofertilizante K ₆	0,46bA	0,42aA	0,43bcA	0,49aA	0,46aA	0,47a
Biofertilizante K ₉	0,46bA	0,47aA	0,48abA	0,47aA	0,39abA	0,48a
KCl	0,56aA	0,48aA	0,55aB	0,53aB	0,46aB	0,50a
Média	0,45b	0,44b	0,45b	0,45b	0,54a	
K disponível no solo (mg dm ⁻³), no 2° ciclo						
K ₀ (sem K)	0,26bA	0,27aA	0,27aA	0,25bA	0,23aA	0,26b
Biofertilizante K ₃	0,38aA	0,27aB	0,26aB	0,24bB	0,22aB	0,27b
Biofertilizante K ₆	0,29bA	0,27aA	0,27aA	0,30abA	0,26aA	0,28b
Biofertilizante K ₉	0,26bA	0,27aA	0,31aA	0,25bA	0,26aA	0,27b
KCl	0,33abAB	0,32aAB	0,31aAB	0,36aA	0,28aB	0,32a
Média	0,31^a	0,28ab	0,28ab	0,28ab	0,25b	

⁽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. C.V. (%) no 1° ciclo = 10,54 e no 2° ciclo = 14,00. D.M.S. no 1° ciclo colunas e linhas = 0,09 e no 2° ciclo nas colunas e linhas = 0,08.

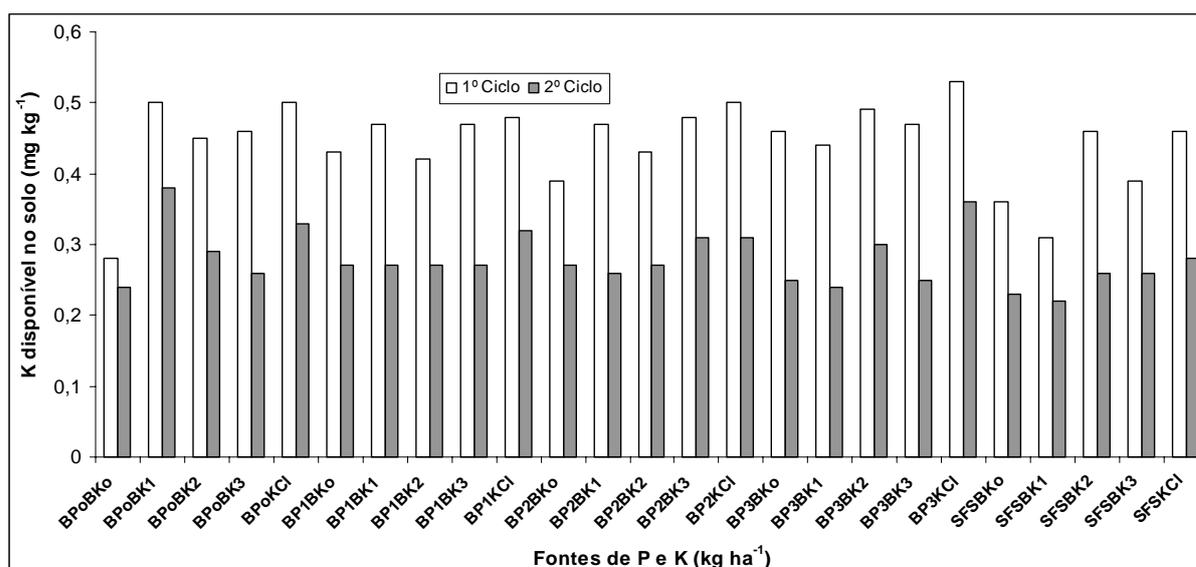


Figura 10. Efeitos da fertilização com P e K no K disponível no solo utilizado, nos 2 ciclos

5. CONCLUSÕES

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 em substituição a fertilizantes solúveis.

A aplicação de biofertilizante com enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* nos níveis utilizados, juntamente com adição de vermicomposto (Febra Húmus), não promove acidificação do solo, nem prejudica a cultura da alface.

Ficou evidenciado o efeito da bactéria *Acidithiobacillus* na oxidação do enxofre adicionado para produção dos biofertilizantes, com aumento na disponibilidade de P e K do solo, extraído pelo método de Mehlich 1.

A fertilização com P e K mostra efeito residual, especialmente quando aplicados os biofertilizantes com P e K na planta (biomassa fresca, no número de folhas, na altura das plantas, na avaliação comercial, no P total acumulado).

A fertilização com P e K não tem efeito residual na disponibilidade de K no solo, e para o P disponível quando aplicados os tratamentos BP₇₀ BK₉, e SFS₇₀ BK₆, que apresentaram efeito bastante evidenciado na manutenção do P disponível no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.12 – 22, 1996.

CAMARGO, LEOCÁDIO DE SOUZA. **As hortaliças e seu cultivo**. Campinas: Campinas, Fundação Cargill, 2 ed.1984. 448p.

DIAS, S.H.L.; STAMFORD, N.P.; FERREIRA, A.R.; BEZERRA,R.V.; SOUSA, L.Q. Determinação do K disponível por método biológico com *Aspergillus niger* 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, 2005, Recife. CD room dos Anais do XV CIC, UFRPE. Recife:PRPPG-UFRPE, 2005.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia**. Cultivo sem terra. São Paulo: livraria Nobel S. A. 1987. 144p.

EIRA, J. **Disponibilidade de fósforo**. In: CARDOSO, E.; SAITO, M.T.; NEVES, M.C. P. Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.

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

ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. características químicas de solo e rendimento de massa de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, v.25, p. 939-946, 2001.

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

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

FORD, T. e MITCHELL, R. The ecology of microbial corrosion. **Adv. Microbiol. Ecol.**, v.11, p. 231 – 263, 1990.

GARCIA, L.L.C.; HAAG, H.P.; DIEHL NETO, W. Nutrição mineral de hortaliças: XXXVIII. Deficiência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. v. 39, p. 349–372, 1982.

GARCIA JÚNIOR, O. Isolation and characterization of *Acidithiobacillus thiooxidans* and *Acidithiobacillus ferrooxidans* from mines. **Rev. Bras. Microbiol.**, Rio de Janeiro, v. 20, p.1–6, 1991.

GELMINI, G.A. ; TRANI, P.E. **Agrotóxicos para alface**: manual. Campinas: CATI. 1996. 22p.

GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G. **Avaliação** preliminar de fosfato com acidulação parcial. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.10, p.75 – 80, 1986.

GOMES, T.M. **Efeito do CO₂ aplicado na água de irrigação e no ambiente sobre a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)** Piracicaba, 2001. 69p. Tese (Doutorado) – escola Superior Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

HE, Z.L.; BALIGAR, V.C.; MARTENS, D. C.; RITCHEY, K.D.; KEMPER, W.D. Factors affecting phosphate rock dissolution in acid soil amended with liming materials and cellulose. **Soil Science Society of American Journal**, v.60, p.1596 – 1601, 1996.

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

KAMINSKI,J; PERUZZO,G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria: NRS, SBCS, 1997.31p. (Boletim Técnico, 3).

KELLY, D.P.; WOOD, A.P. Reclassification of some species of *Thiobacillus* to the newly designated genera *Acidithiobacillus* gen. nov., *Halothiobacillus* gen. nov. and

Thermithiobacillus gen. nov., **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**. V. 50. 2000, 511-516 p.

KIEHL, E.J. **fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1985. 492p.

LAL, R. Soil management in the developing countries. **Soil Science**, v.165, n.1, p. 319-350, 2000

LINDQVIST, K. On the origin of cultivated lettuce. **Hereditas**, Lund, v. 46, p. 319–350, 1960.

LOMBARDI, M.L.C.O.; LOPES, E.S.; CARDOSO, E.J. B. N. e SILVA, M.T.R. **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, 1981. p. 38.

LIMA, R.A. **Biofertilizante 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) – Universidade Federal Rural de Pernambuco Recife.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 4 ed.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

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

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

MOTA, J.H. **Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido**. 1999. 46 p. (Tese de mestrado), UFLA, Lavras.

MOTA, J.H.; YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; OLIVEIRA, C.M.; SOUZA, J.S.; FREITAS, S.A. C.; JÚNIOR, J.C.R.C. Produção de alface americana em função da aplicação de doses de fósforo. **Horticultura Brasileira**. V. 21 n.4 Brasília oct./dez. 2003.

MOURA, A.M.M.F. **Biofertilizantes produzidos com fosfato natural e enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* em solo com baixo P disponível cultivado com caupi e jacatupé**. 2003. 76p. (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MURAYAMA, SHIZUTO. **Horticultura**. 2 ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

NAGAI, H.; COSTA, A.S. Variedades de alface (*Lactuca sativa* L.) de cabeça tipo manteiga resistentes ao mosaico. **Revista de Olericultura**, Campinas v. 12. p. 31 – 32, 1972.

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.; FAGUIEN, 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.

NOVAIS, R.F.; SMITH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 339p.

OLIVEIRA, M.C.C. de; LOPES, E.S.; SILVA, M.T.R. de; NAGAI, R. Influência de oxidação microbiana do enxofre na solubilização de apatita de Araxá. **Rev. Brás. Ci. Solo**, Campinas, v.1, p.24-28, 1977.

PADILHA, W.A.; **Curso internacional de fertirrigacion en cultivos protegidos**. Quito: Ecuador. 1998. 120p.

PAPADOPOULOS, I. APLICAÇÃO DE CO₂ Via água de irrigação em agricultura. In:

FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11 – 74.

PIRES, R.C.M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B. et al., Manejo da irrigação em hortaliças. **Horticultura Brasileira**. V.18, p.147-158, jul. 2000. Suplemento.

POSTGATE, JR. **The sulphate – reducing bacteria**. Cambridge, Cambridge University Press, 2 ed., 208p. 1984.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba; Instituto da potassa & Fosfato, 1981. 142p.

RAIJ, B. van. Condições mínimas de eficiência para fosfatos alternativos ao superfosfato. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.10, p.235-239, 1986.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. (Ed). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 168 : Alface. (IAC. Boletim, 100).

RYDER, E. J.; WHITAKER, T.W. Lettuce, **Lactuca sativa** L. (**Compositae**). In: SIMMONDS, N. W. **evolution of crop plants**. 2d. London: Longman, 1979. p 39 - 41

ROBERTS, T. **Reservas de minerais potássicos e a produção de fertilizantes potássicos do mundo**. Potafos: Informações agrônômicas. N. 107, p.2-3.2004.

SAS INSTITUTE. **The SAS System for Windows**. CD – ROM for Windows 32 – bits. 1999.

SANTOS, K.S. **Atuação do fosfato natural com adição de enxofre com *Acidithiobacillus* na solubilização de fósforo e no desenvolvimento de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) em solo de tabuleiro**. Recife, 2002. 68p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco.

STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.S.; SANTOS, P.R.; SANTOS, K.S.R., MONTENEGRO, A. Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic by-

products on mimosa (*Mimosa caesalpinifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. **Tropical grasslands**, v.39, n.4, p.54-61, 2005.

STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.S.; JÚNIOR STAMFORD, W.P; DIAS,S.L. Biofertilizantes de rocha fosfatada com *Acidithiobacillus* como adubação alternativa de caupi em solo com baixo P disponível. **Rev. Analytica**, São Paulo, v.9, p.48–53, 2004.

STAMFORD, N.P.; FREITAS, A.D.S.; SANTOS, C.E.R.S.; FERRAZ, D.S.; MONTENEGRO, A. 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**. Brisbane, v.37, p.11-17, 2003.

STAMFORD, N.P; FREITAS, A.D.S.; FERRAZ, D.S.; SANTOS, E. Effect of sulphur inoculated with *Thiobacillus* on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes. **Journal of Agricultural Science**. v.139, p.275-281. 2002.

SANCHEZ, P. A. Soil fertility and hunger in Africa. **Science**, 295: 2019-2020, 2002.

TARSITANO, M.A.A. ; PETINARI, R.A.; DOURADO, M.C. Viabilidade econômica do cultivo de alface em estufa no município de Jales – SP. **Cultura Agrônômica**. V.8, n.1, p. 99 – 108, 1999.

TSAI, S.M.; ROSSETO,R. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E.J.; TSAI, B.N.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1992. p. 131 – 242.

ZAMBON, F.R.A. Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L) In: MULLER, J.J.V.; CASALI, V.W.D. (eds) **Seminário de olericultura**. 2 ed. 1982. 2v. p. 316-348.

ANEXOS

Tabela 1. Resumo das análises de variância das determinações no 1º ciclo

F.V.	G.L.	Parte aérea					Solo				
		B.Fresca	B. Seca	N. fls	Altura	Av. Com.	P total	K total	pH	P disp.	K disp.
Blocos	3	ns	ns	*	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns
Potássio	4	**	**	**	**	Ns	**	**	ns	**	**
Fósforo	4	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
P x K	16	ns	*	**	*	Ns	**	**	ns	**	**
Resíduo	72										
C.V. %		9,02	12,64	9,80	5,41	12,76	9,35	13,49	4,12	11,73	10,54

(¹) B. fresca = biomassa fresca; B. seca = biomassa seca; N.fls = número de folhas; Av. com. = avaliação comercial. (²) P. disp. = fósforo disponível e K disp. = potássio disponível.

Tabela 2. Resultados na análise de variância no 2º ciclo

F.V.	G.L.	Parte aérea ⁽¹⁾						Solo ⁽²⁾			
		B.Fresca	B. Seca	N. fls	Altura	Av. Com.	P total	K total	pH	P disp.	K disp.
Blocos	3	ns	ns	Ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*
Potássio	4	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**
Fósforo	4	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**
P x K	16	**	**	Ns	ns	ns	**	**	ns	ns	**
Resíduo	72										
C.V. %		5,87	10,69	12,64	5,20	9,33	4,11	15,90	4,63	14,47	14,00

⁽¹⁾ B. fresca = biomassa fresca; B. seca = biomassa seca; N.fls = número de folhas; Av. com. = avaliação comercial. ⁽²⁾ P. disp. = fósforo disponível e K disp. = potássio disponível.



Figura 1. Plantio da alface em bandejas.



Figura 2. Vista geral da alface no campo (1º ciclo)



Figura 3. Vista geral da alface no campo (2º ciclo)