

COMPORTAMENTO DE SOLOS ALUVIAIS DO VALE DO ASSU QUANDO ADUBADOS COM BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS FOSFATADA

Carlos Eduardo Soares de Sousa

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PP GEO, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN. Especialista em Agronegócio pelo Instituto Brasileiro de Formação – IBF. Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA.

Hellyson David Gurgel Costa

Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental pelo Centro Universitário Internacional - UNINTER, Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA.

<https://orcid.org/0000-0003-3091-2812>

E-mail: lsongurgel@hotmail.com

Leonardo de França Almeida

Mestrando do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Cognição, Tecnologias e Instituições – PPGCTI, Graduado em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA.

<https://orcid.org/0000-0003-0140-9927>

E-mail: lfaleonardo@hotmail.com

Areillen Ronney Rocha Reges

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino – POSENSINO, associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFRN, Especialista em Geografia do nordeste – UERN.

<https://orcid.org/0000-0001-6136-3727>

E-mail: ronneyareillen@gmail.com

DOI-Geral: <http://dx.doi.org/10.47538/RA-2023.V2N1>

DOI-Individual: <http://dx.doi.org/10.47538/RA-2023.V2N1-16>

RESUMO: O Experimento foi conduzido em casa-de-vegetação usando solos das regiões produtoras de melão, com baixo P disponível. Os biofertilizantes foram produzidos em campo, a partir de rocha com fósforo (apatita) inoculada com *Acidithiobacillus* e enxofre elementar, sendo comparados com os fertilizantes químicos superfosfato triplo e com a própria apatita. O experimento foi realizado no esquema fatorial 2x3x6 +1, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. No solo determinou-se: pH (em água, CaCl₂ e KCl), Al, Na, K e Ca+Mg trocáveis, acidez potencial (H+Al), P e K disponíveis (extração com Mehlich 1, Mehlich 3 e Olsen). A adubação com biofertilizante de rocha fosfatada promoveu um aumento considerável na disponibilidade de Ca e P nos solos utilizados, o uso de desse material na dose 250 kg/ha de P₂O₅, disponibilizou mais P no Neossolo Quartzarênico e proporcionou maior produção de biomassa seca, maior acúmulo de Ca, Mg, K, e P na biomassa seca da parte aérea do melão.

PALAVRAS-CHAVE: *Acidithiobacillus*. Acidificação do solo. Disponibilidade de P. Fertilização com P. Oxidação do enxofre.

BEHAVIOR OF ALLUVIAL SOILS IN THE ASSU VALLEY WHEN FERTILIZED WITH ROCK PHOSPHATE BIOFERTILIZERS

ABSTRACT: The experiment was carried out in a greenhouse using soils from melon producing regions with low available P. The biofertilizers were produced in the field, from rock with phosphorus (apatite) inoculated with *Acidithiobacillus* and elemental sulfur, being compared with the chemical fertilizers triple superphosphate and with the apatite itself. The experiment was carried out in a 2x3x6 +1 factorial scheme, in a randomized block design, with four replications. In the soil it was determined: pH (in water, CaCl₂ and KCl), exchangeable Al, Na, K and Ca+Mg, potential acidity (H+Al), available P and K (extraction with Mehlich 1, Mehlich 3 and Olsen). Fertilization with phosphate rock biofertilizer promoted a considerable increase in the availability of Ca and P in the soils used, the use of this material at a dose of 250 kg/ha of P₂O₅, made more P available in the Quartzarenic Neosol and provided greater production of dry biomass, greater accumulation of Ca, Mg, K, and P in dry biomass of melon shoots.

KEYWORDS: *Acidithiobacillus*. Soil acidification. P availability. P fertilization. Sulfur oxidation.

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L) é uma olerácea muito apreciada e de grande popularidade, tendo em 2007 atingido, a nível mundial, uma área de 1.162.136 hectares, com uma produção de 21.588.746 toneladas de frutos e produtividade média de 18 t/ha. A China é o maior produtor, com 33,47% da produção mundial, seguida pela Turquia, Irã, Estados Unidos e Espanha. O Brasil é, atualmente, um dos maiores produtores de melão da América do Sul, com 17% da produção total. A evolução da cultura do meloeiro no Brasil, no período de 1980 a 1999, mostra que a área cultivada passou de 5.661 ha para 15.000 ha, o que representa um aumento da ordem de 165%, para um incremento da produção de até 250% (FAO, 2007).

O cultivo do melão teve seu início no Brasil especificamente no Estado de São Paulo, na década de 1960. Posteriormente, na década de oitenta, expandiu-se com sucesso para a Região Nordeste, atingindo em média, 4.088 ha de área cultivada e produção de 29.963 t anual. Em 1994, a região colheu uma área de 9.402 ha e uma produção de 99.873 t, correspondendo, respectivamente, a 70% e 92% da área colhida e da produção nacional de melão. Antes, todo melão consumido no Brasil, era importado do continente europeu, especificamente da Espanha. Em 1970 a cultura sofreu um grande impulso e passou a ser cultivada principalmente em São Paulo e no Vale do São Francisco em Pernambuco. Ao

longo das últimas duas décadas a produção de melão firmou-se no Semiárido Nordeste como opção de investimento de curto prazo, para vendas nos mercados nacional e internacional, destacando-se o Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco, Bahia e São Paulo (Quadro 1). A produção nacional de melão tem evoluído nos últimos dez anos, com incremento de 58,35%, passando de 119,99 mil toneladas em 1996 para 190,00 mil toneladas em 2005, dados obtidos da FAO, 2007.

A expansão do melão no Nordeste fez da região a principal exportadora desse produto, devido principalmente às condições climáticas, como temperatura entre 25 °C e 35 °C, luz solar e baixa umidade relativa do ar, propícias ao desenvolvimento e a produção do meloeiro. Dado o avanço no cultivo do meloeiro e a sua e a sua importância para a agricultura brasileira, precisa-se de tecnologias adequadas para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de frutos, uma vez que o rendimento médio nacional e regional ainda é baixo, 9,44 t ha⁻¹ e 10,62 t ha⁻¹, respectivamente (EMBRAPA, 2004).

A cultura do melão no Rio Grande do Norte, teve início no final da década de 1970, com introdução da cultura na região oeste, mais precisamente no município de Mossoró. Nesta região está localizado o Agropólo Assú/Mossoró o qual se divide em microrregiões produtoras, como o Vale do Assú, Baixo Assú e Chapada do Apodi, Pau Branco e Adjacências, Baraúnas, Governador Dix-sept-Rosado, Serra do Mel e Upanema, produzindo além do melão outras culturas de exportação (COEX, 2009).

Dentre as regiões definidas como polos integrados agrícolas do Nordeste e do Brasil, o Rio Grande do Norte aparece como um dos estados mais dinâmicos no campo da agricultura irrigada principalmente na produção de frutas tropicais, sendo o estado de maior composição na pauta de exportações de melão do Brasil, cerca de 61,24% do total em 2005.

O cultivo do melão é caracterizado por intensa modernização tecnológica que demanda altos custos de produção, caracterizado pela presença de grandes empresas dotadas de uma imensa infraestrutura, pela qual, são escoadas as produções de um número bastante considerável de pequenos produtores do estado. Ela está concentrada na Chapada do Apodi (RN) até o sul do estado do Ceará, caracterizada pela presença de grandes empresas, sendo

que de um número bastante considerável, as três maiores juntas, segundo dados da CEPEA 2009, representam em certas épocas do ano mais de 80% do mercado do melão no Brasil.

Estas grandes empresas possuem elevada infraestrutura e tecnologia, apresentando ainda uma grande importância para a região, a qual é composta por uma quantidade bastante considerável de pequenos produtores que escoam a produção via essas grandes empresas. As mesmas vêm passando por grandes transformações em sua infraestrutura ao longo dos anos. Em 1997 havia apenas três empresas com estrutura de fio completa. Atualmente dez empresas já contam com estrutura de refrigeração modernizadas com capacidade frigorífica de 1500 m³ por empresa e investimentos na ordem de US\$ 2 milhões. Porém, esses números são ainda insignificantes tendo em vista o número de empresas instaladas na região. Estima-se que atualmente na região do Agropólo Assú/Mossoró há em torno de 22.000 m² referentes às estruturas de 25 packings houses no quais foram investidos US\$ 10 milhões operando com capacidade diária de 127.400 mil caixas, onde somente na safra 2003/2004 foram produzidas 18.720.116 caixas. A competitividade e as exigências internacionais transformaram a agricultura praticada por essas empresas com alto grau de profissionalismo, voltada para um produto de ótima qualidade e apresentação visual (CEPEA, 2005).

A produção desta cultura no estado ainda contribui com a geração de emprego tanto direto como indireto. Em 2008, por exemplo, foram gerados 28.000 empregos diretos e 84.000 empregos indiretos principalmente aproveitando mão de obra regional, (COEX, 2009). Em 2004, os pomares brasileiros produziram 38 milhões de toneladas de frutos, proporcionando ao país um novo recorde nas exportações. O excelente desempenho que a fruticultura brasileira vem experimentando nos últimos anos pode ser medido devido ao aumento do consumo interno quanto aos sucessivos recordes de exportações. Reafirmando sua posição de terceiro maior produtor mundial, estando logo em seguida da China e da Índia, proporcionando seu potencial de geração de empregos e renda, a fruticultura ocupa hoje posição estratégica na expansão do agronegócio brasileiro (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2005). Entre as frutas e hortaliças produzidas no Nordeste, o melão ocupa um lugar privilegiado, haja vista que, das 349.498 toneladas de frutos produzidos em 2003, cerca de 93,64% foram produzidos nesta região (IBGE, 2005).

No contexto atual da agricultura irrigada, tem-se observado destaque cada vez maior para os chamados biofertilizantes, ou fertilizantes organominerais, que são produzidos através da inoculação de microrganismos em resíduos das mais diversas naturezas. A reciclagem de resíduos orgânicos, visando ao seu reaproveitamento como fonte alternativa para produção de fertilizantes, é uma medida extremamente estratégica, do ponto de vista ambiental, e por demais conveniente quando economicamente viável. Com o decreto 86.955, de 18/02/1982, aparece na lei pela primeira vez a palavra fertilizante organomineral, definida no Capítulo I das disposições preliminares, como fertilizante procedente de mistura ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos (BRASIL, 1983). A legislação brasileira, segundo Kiehl (1999) nada mais fez que oficializasse uma mistura de adubos que engenheiros agrônomos e técnicos do resto do mundo reconhecem como sendo um excelente insumo agrícola.

Com base no exposto acima o objetivo deste experimento foi de avaliar os efeitos da aplicação e atuação de biofertilizante de rocha fosfatada com enxofre elementar, inoculado com *Acidithiobacillus* na cultura do melão.

A CULTURA DO MELÃO

O meloeiro (*Cucumis melo L.*) é uma olerícola originária da África e Ásia. Sua introdução no Brasil foi feita pelos imigrantes europeus e seu cultivo teve início em meados da década de sessenta no Rio Grande do Sul. Até esse período, todo o melão comercializado e consumido no Brasil era proveniente da Espanha. A partir da década de sessenta, a exploração da cultura tomou grande impulso inicialmente no estado de São Paulo, estendendo-se posteriormente para as regiões Norte e Nordeste, atingindo seu apogeu em termos de área plantada e produção a partir d meados da década de oitenta a meados de noventa. O melão tem se constituído em ótimo negócio para o Nordeste brasileiro. Após os avanços nos Vales de São Francisco, Assú e Mossoró para fins de exploração, o Brasil passou a se destacar no cenário internacional (COSTA; PINTO, citados por SOUSA et al., 1999).

Esta Planta pertence ao gênero *Cucumis*, espécie *Cucumis melo* L, família Cucurbitaceae. Apresenta grande diversidade de variedades botânicas e para o cultivo protegido podemos dividir os cultivares mais plantados no Brasil em três grupos: Melão Valenciano Amarelo (*Cucumis melo* var. inodoros), Melão Prince, Melão Sun Rise (*Cucumis melo* var. cantalupensis), Melão Rendilhado (*Cucumis melo* var. reticulatus Naudin) (BRANDÃO FILHO; VASCONCELLOS, 1998).

A cultura do melão se adapta a diferentes tipos de solos, porém não se desenvolve bem naqueles de baixadas úmidas, com má drenagem, e nos tipos muito arenosos e rasos. O sistema radicular do meloeiro é, normalmente, superficial, porém, em solos profundos e bem arejados, atinge profundidades acima de 1 metro. Por isso, deve-se dar preferência a terrenos com boa exposição ao sol, escolhendo os solos férteis, com 80 cm ou mais de profundidade, de textura média (franco-arenoso ou areno-argiloso), com boa porosidade, que possibilitem maior desenvolvimento do sistema radicular, melhor infiltração da água e drenagem mais fácil (EMBRAPA, 2004).

É uma planta anual, herbácea, rasteira, de haste sarmentosa que apresenta sistema radicular com crescimento abundante nos primeiros 20 cm de profundidade de solo. Suas folhas são de tamanho e forma bastante variados. Quanto à presença de flores, as plantas podem ser monoicas, genicas ou, na sua maioria, andromonóicas (presença de flores masculinas e hermafroditas). Os frutos são bastante variados, tanto com relação ao tamanho, que podem ser de 100 g até vários quilogramas, como em relação ao formato (achatado, redondo ou cilíndrico). A casca pode ser lisa, ondulada ou rendilhada e de várias cores (branca, preta, amarela, verde, marrom). A polpa, quanto a sua textura, pode ser crocante ou dissolvente, e de coloração branca, verde, salmão ou vermelha, apresentando ou não um cheiro bastante característico, determinado pela coloração da polpa, que quanto mais avermelhada esta for, maior a intensidade do cheiro (EMBRAPA, 1994).

O meloeiro é uma planta muito exigente no que diz respeito à sua fertilidade e acidez (FIGUEIRA,1981). A cultura do melão não tolera solos ácidos. Bernardi (1974), relata que, quando o meloeiro se desenvolve em solos com pH abaixo de 6, as plantas têm crescimento

deficiente e são incapazes de manter a sua folhagem até o completo desenvolvimento dos frutos. Araújo (1980), menciona que solos semi-ácidos favorecem o desenvolvimento do cancro das hastes, sendo o pH ideal para a cultura, acima de 6,4. Filgueira (2001) relata que, de acordo com as observações realizadas nas regiões produtoras do Brasil, a cultura prospera melhor com o pH na faixa de 6,4 a 7,2, sendo desaconselháveis o plantio em terrenos com grau de acidez fora desses limites.

O cultivo do melão nos últimos anos tem apresentado expansão na área cultivada, principalmente nas regiões de clima semi-árido, colocando o país na condição de exportador, pela excelente qualidade dos frutos e pelas condições climáticas que possibilitam a colheita na época de entressafra de outros países. O Brasil cultiva uma área de 12.200 ha de melão com uma produção de 244.000 t/ano, sendo que a região Nordeste, representada pelos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco, respondeu por 93,4% da produção do país (IBGE, 2002).

A expansão das áreas agrícolas e a demanda crescente de alimentos, junto com o esgotamento em nutrientes, requerem a prática da adubação, com aplicação de grandes quantidades de fertilizantes. As fontes fosfatadas, apesar de abundantes, requerem altos custos de beneficiamento para serem transformadas em fertilizantes mais solúveis. As matérias-primas básicas para a fabricação de fertilizantes fosfatados são as rochas fosfáticas, sendo mais comum o uso das apatitas. Para a produção de fertilizantes solúveis (superfosfatos e termofosfatos) é requerido apreciável gasto de energia, e mão de obra especializada, havendo necessidade de se estabelecer estratégias para o uso eficiente e econômico das rochas fosfáticas (GOEDERT; SOUSA, 1986).

A cultura do melão exige adequada adubação para se obter produtividade alta com frutos de boa qualidade para atender às exigências dos mercados interno e externo. São raros os trabalhos sobre fertilização da cultura nessa região.

O meloeiro ocupa uma posição de destaque e tem forte expressão econômica e social para a região Nordeste. Atualmente, destacam-se como maiores produtores os estados do Rio grande do Norte, Ceará, Pernambuco e Bahia, que contribuem com mais de 90% da produção

nacional. O meloeiro adapta-se melhor aos climas quentes e secos, requerendo irrigação para suprir sua demanda hídrica, de acordo com o estágio de desenvolvimento, principalmente na floração e na frutificação (BLANCO *et al.*,1997).

Plantas que promovem a acidificação da rizosfera por meio da liberação de prótons (excreção de íons H^+) de suas raízes e que absorvem muito cálcio (dreno de Ca), são as mais eficientes para a utilização do fósforo oriundo dos FNs (NOVAIS; SMYTH, 1999). Zoysa (1999) atribuiu o decréscimo do pH na rizosfera da cultura do chá ao resultado positivo do uso do fosfato de rocha 'Eppawala', originário do Sri Lanka, em comparação com o superfosfato triplo. O meloeiro apresenta alta exigência em cálcio. Com uma produtividade média de $31,5 t ha^{-1}$ entre oito híbridos avaliados, a cultura extraiu $80,6 kg ha^{-1}$ de Ca (LIMA, 2001). No trabalho realizado por Prata (1999), o cálcio foi o nutriente absorvido e exportado em maior quantidade. Com relação à exigência em fósforo, $116 kg ha^{-1}$ de P_2O_5 foi a dose que proporcionou a produtividade máxima esperada ($29,1 t ha^{-1}$) num Vertissolo do Submédio São Francisco (FARIA *et al.*, 1994).

De acordo com Malavolta *et al* (1989), os teores ideais de (N, P e K) nas folhas do meloeiro, equivalem a 3 %, 0,35 % e 5 %, respectivamente. O aumento da produtividade do meloeiro pode ser obtido com doses crescentes de nutrientes aplicadas através da água de irrigação; contudo, precisa-se ajustar doses adequadas para a cultura em cada situação. Resultados de pesquisas em solos arenosos, Sousa, *et al.* (1998), constataram que a maior produtividade comercial ($44,34 t.há^{-1}$) do meloeiro foi obtida com a combinação de $160 Kg.há^{-1}$ de N e $190 Kg.há^{-1}$ de K_2O , doses de N e K superiores a $160 Kg.há^{-1}$ e $190 Kg.há^{-1}$, respectivamente, proporcionaram queda na produtividade de frutos comerciais. Entretanto, com $100 Kg.há^{-1}$ de N houve uma tendência no aumento da produtividade com doses de K_2O maiores que $190 kg.há^{-1}$. Nas mesmas condições ambientais, Sousa, *et al.* (1999 a), mostraram que o aumento de doses de Nitrogênio até $180 Kg.há^{-1}$ aplicadas via fertirrigação por gotejamento, as produtividades comercial e total do meloeiro aumentaram significativamente.

Segundo Sousa (1993) a produção comercial foi influenciada pela fertirrigação e frequências de aplicação de N e K. A maior e a menor produtividade de frutos de melão comercializáveis e não comercializáveis (21,88 e 2,55 t.há⁻¹), respectivamente, foram obtidas com aplicação mais frequente de N e K.

A absorção de fósforo pelas plantas está relacionada com a quantidade de P disponível no solo, com os parâmetros de distribuição radicular e com os fatores ambientais que influenciam o crescimento vegetal. Na maioria das vezes, a difusão de P para a raiz determina a concentração de P na superfície radicular. (SILVA; MAGALHÃES, 1991).

Com relação à reação ácido-base do solo, o meloeiro é muito exigente, comportando-se melhor na faixa de pH entre 6,0 e 7,5. O índice de saturação por bases de 60 a 70 % é a faixa mais favorável para assegurar melhor desenvolvimento e produtividade da cultura. É recomendável o uso de calagem sempre que o índice de saturação por bases for inferior a 60 %. O meloeiro prefere solos de alta fertilidade natural, com boa capacidade de troca de cátions e boa capacidade de retenção de umidade. A aplicação de matéria orgânica melhora as características físicas e químicas do solo, principalmente, a porosidade (aeração), retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes (maior capacidade de troca de cátions).

A salinidade afeta a produção, existindo diminuição de 25% da produtividade, quando a condutividade elétrica for igual a 4 dS/m e de 50%, quando igual a 6 dS/m (Ayers & Westcot, 1976).

Para a adubação orgânica do melão, recomendam-se 20 m³/ha de esterco de curral bem curtido ou 2 t/ha de torta de mamona, também bem curtida. Como adubação mineral, recomenda-se 40 kg/ha de N (nitrogênio) e doses de P₂O₅ (fósforo) e K₂O (potássio), conforme a análise do solo, aplicados em fundação, antes do plantio.

Na adubação de fundação, os fertilizantes orgânicos e minerais devem ser aplicados em sulco, abaixo e ao lado da semente ou muda do melão. É importante que se misturem esses fertilizantes, principalmente o orgânico, com a terra do sulco, antes de cobri-lo completamente. Isso permite que ocorra uma melhor solubilidade dos fertilizantes e uma melhor distribuição dos nutrientes no volume de solo úmido que será explorado pelas raízes

do melão. Quando se faz a fertirrigação que é o uso de fertilizantes via água de irrigação, a aplicação das doses recomendadas pela análise do solo deve ser iniciada logo após a germinação, fazendo diariamente até aos 42 dias para N (ureia), 35 dias para P_2O_5 (MAP) e 55 dias para o K_2O (cloreto de potássio) (CAVALCANTI et. al. 1998).

Os fertilizantes minerais mais utilizados em fundação são as fórmulas comerciais, como 06-24-12 e 10-10-10, o sulfato de amônio (20% de N), a ureia (45% de N), o superfosfato simples (18% de P_2O_5), o superfosfato triplo (42% de P_2O_5), o cloreto de potássio (60% de K_2O) e o sulfato de potássio (50% de K_2O). Recomenda-se usar as combinações sulfato de amônio e superfosfato triplo, ou ureia e superfosfato simples, para garantir o suprimento de enxofre às plantas. Para o potássio, é aconselhável o uso alternado do cloreto com o sulfato de potássio entre os cultivos. Recomenda-se usar as combinações sulfato de amônio e superfosfato triplo, ou ureia e superfosfato simples, para garantir o suprimento de enxofre às plantas. Para o potássio, é aconselhável o uso alternado do cloreto com o sulfato de potássio entre os cultivos, porque o excesso de cloreto no solo concorre para uma mais rápida deterioração dos frutos depois de colhidos (EMBRAPA, 2004).

FÓSFORO NO SOLO

O fósforo é um elemento de baixa mobilidade no solo. Encontra-se combinado em compostos de ferro, alumínio e cálcio e na matéria orgânica. Os compostos inorgânicos de fósforo no solo são condicionados pelo pH, tipo e quantidade de minerais presentes na fração argila. Em solos de reação ácida, com predomínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio, é mais frequente a combinação de fósforo com ferro e alumínio, enquanto que em solos neutros ou calcários, aparecem fosfatos de cálcio baixa solubilidade (RAIJ, 1981).

A Fonte Mineral corresponde à aplicação de fertilizantes no solo. Podem ser utilizadas diferentes fontes minerais de P, que se caracterizam por apresentar maior ou menor reatividade (Solubilização). As apatitas brasileiras que são minerais primários usados como fertilizantes, apresentam baixa reatividade, em muitos casos insuficiente para manter uma concentração de P, na solução do solo (P-Solução) e junto à raiz, suficiente para a demanda da planta (Influxo). Em outros casos, a solubilidade é elevada, ocasionando altas

concentrações de P na solução, que em algumas condições de solo, pode haver um caminho contrário, ou seja, do P-Solução para alguma forma de baixa reatividade que constitui as Fontes Minerais, fenômeno denominado de Retrogradação (NOVAIS; SMYTH, 1999).

O fosfato adicionado ao solo como fertilizante, dissolve-se, passando para a solução do solo. Devido à baixa solubilidade dos compostos de fósforo e a Adsorção pelo solo, a maior parte do fósforo passa a fase sólida, onde fica em parte como P-Lábil. O “Q” no diagrama indica o fator quantidade. O P retido inicialmente na forma lábil, ainda sujeito à desorção, é retido com mais energia com o passar do tempo, e torna-se então o P-Não Lábil (compartimento fechado em que o P é fixado com poucas chances de liberação). A relação fator quantidade/intensidade (Q/I) de um solo é a medida do FCP (Fator capacidade de P ou Poder tampão de P do solo), como explicam Raij, (1981) e Novais e Smyth (1999).

A incorporação de Fontes Orgânicas poderá aumentar (mineralizar) ou diminuir (imobilizar) o P da solução do solo. Com a mineralização de resíduos de cultivo, ou com a matéria orgânica humificada do solo, o teor de P liberado da biomassa contribuirá para o conteúdo de P-Solução. Entretanto, poderá haver imobilização temporária, do P da solução do solo pela sua incorporação à biomassa microbiana, aumentada pela adição de uma fonte de carbono (TSAI; ROSSETO, 1992; NOVAIS; SMITH, 1999). Há a possibilidade de haver absorção do P de algumas formas orgânicas, sem passar pelo P-Solução (ROGERS et al., 1940) citados por Rheinheimer et al. (1999), demonstraram que fosfatos orgânicos, como fitina e lecitina, foram absorvidos diretamente de uma solução nutritiva.

FOSFATOS NATURAIS

Denomina-se de fosfatos naturais os concentrados obtidos a partir de minérios fosfáticos, normalmente de minerais do grupo das apatitas, que ocorrem em jazidas, as quais podem ou não passar por processos físicos de concentração, como lavagem e/ou flotação, para separá-los dos outros minerais (KAMINSKI; PERUZZO, 1997).

De acordo com a composição mineral os fosfatos naturais se classificam em: fosfatos de ferro-alumínio (Fe-Al-P), fosfatos de cálcio-ferro-alumínio (Ca-Fe-Al-P) e fosfatos de cálcio (Ca-P). Estas três classes constituem uma sequência natural de intemperização dos

depósitos de rocha fosfática, na qual as formas estáveis de fosfato de ferro-alumínio representam o estágio mais avançado de intemperismo e o fosfato de cálcio representa a rocha matriz (LEHR, 1980).

A produção de alimentos orgânicos aumentou consideravelmente na última década com o incremento da oferta de produtos específicos para a agricultura orgânica e com a certificação da produção, destinada a um consumidor cada vez mais exigente. Neste mesmo sentido, cresceu a demanda por tecnologias de produção orgânica. Como os fertilizantes solúveis, tratados quimicamente, não são permitidos em agricultura orgânica (BRASIL; 1999), os fosfatos naturais (FNs) e os fosfatos tratados termicamente são as opções para serem usadas nas adubações fosfatadas nesse sistema. Entretanto, a eficiência dos FNs depende muito de suas próprias características, incluindo sua origem, das propriedades do solo, da forma como são usados e das características da planta a ser cultivada (CHIEN; MENON, 1995; NOVAIS; SMYTH, 1999).

FNs de origem ígnea e metamórfica apresentam estrutura cristalina compacta, pequena superfície específica, menor presença de minerais acessórios, sendo muito pouco reativos. Por outro lado, FNs de origem sedimentar apresentam maior solubilidade devido à estrutura microcristalina pobremente consolidada e grande superfície específica (NOVAIS et al., 2007).

Como a grande maioria dos FNs do Brasil não é de origem sedimentar, eles geralmente têm apresentado resultados de baixa eficiência agrônômica (YOST et al., 1982; OLIVEIRA et al., 1984; GOEDERT; LOBATO, 1984; LEÓN et al., 1986; SANZONOWICZ; GOEDERT, 1986; SANZONOWICZ et al., 1987). FNs de Gafsa, da Tunísia, Arad, de Israel, Carolina do Norte, dos Estados Unidos, todos de origem sedimentar, são mais eficientes em suprir P para plantas de ciclo curto, por apresentar um teor de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico igual ou superior a 30% do teor total de P_2O_5 , assim como os termofosfatos, que apresentam resultados semelhantes aos fosfatos solúveis (YOST et al., 1982; OLIVEIRA et al., 1984; GOEDERT; LOBATO, 1984; SANZONOWICZ et al., 1987; BRAGA et al., 1991; CHOUDHARY et al., 1994).

A granulometria dos FNs também pode influir em sua eficiência (VASCONCELOS et al., 1986; CHIEN; MENON, 1995), bem como o modo de aplicação. Motomiya et al. (2004) concluíram que a aplicação a lanço faz com que os FNs sejam mais eficientes do que a aplicação localizada.

Os solos ácidos (liberação alta de prótons - H^+), pobres em fósforo, com CTC elevada (dreno alto de cálcio) e, ao mesmo tempo, com baixo poder tampão de fósforo, oferecem melhores condições para que o uso dos FNs seja mais eficiente (CHIEN; MENON, 1995; NOVAIS; SMYTH, 1999).

Os fosfatos de cálcio (Ca-P) constituem a classe de maior importância econômica, devido ao uso industrial, principalmente no que se refere à fabricação de fertilizantes. Os principais componentes desta classe são os minerais apatíticos como a fluorapatita e a francolita ou fosforita.

Para Kaminski e Peruzzo (1997), os fosfatos naturais podem ser divididos em duas categorias: os fosfatos naturais “duros”, em que as apatitas não têm, ou têm pouquíssimas substituições isomórficas, como são a maioria dos fosfatos naturais brasileiros e os fosfatos naturais “moles”, de origem sedimentar, com alto grau de substituição isomórfica do fosfato por carbonato na apatita, reconhecidos como fosfatos naturais “reativos”.

O emprego de fosfatos constitui a opção mais econômica para suprir as necessidades das plantas, principalmente em países onde a disponibilidade de matéria prima para obtenção de fosfatos solúveis é exígua. Todavia a sua utilização é muito restrita devida à sua baixa solubilidade (NAHAS, 1999). Essa limitação é solucionada pela produção de fosfatos solúveis, porém esse processo exige o uso de ácidos (ácido sulfúrico e ácido fosfórico), matéria prima essencialmente importada, além de que na fabricação do fertilizante é elevado o consumo de energia (GOEDERT; SOUZA, 1986).

Depósitos de fosfatos de origem ígnea apresentam a fluorapatita como o principal mineral fosfático. Os fosfatos de depósito ígneos representam cerca de 50 % das reservas brasileiras (KAMINSKI, 1990).

Conforme Kaminski; Peruzzo (1997), os fosfatos de origem metamórfica possuem uma solubilização intermediária entre as rochas sedimentares e ígneas. São duros e apresentam outros minerais, conservando a estrutura básica dos sedimentos.

SOLUBILIZAÇÃO MICROBIANA DE FOSFATOS

A acidificação parcial da rocha fosfatada com ácidos fortes é um método químico sugerido como um meio de melhorar a eficiência dos fosfatos naturais. Outro método que pode contribuir para aumentar a eficiência de fosfatos naturais é a acidificação biológica produzida por alguns grupos de microrganismos do solo (LOMBARDI, 1981).

Conforme Eira (1992), bactérias, actinomicetos e fungos têm sido os microrganismos mais frequentemente isolados. Para alguns autores as bactérias, principalmente as de metabolismo quimiolitotróficos (utilizam o CO₂ como fonte de carbono e substâncias minerais como fonte de energia), são as mais eficientes, já para outros autores, são os fungos, muito embora sejam menos frequentes.

Os gêneros de bactérias e fungos frequentemente isolados têm sido: Bactérias: *Bacillus*, *Thiobacillus*, *Mycobacterium*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Nitrobacter*, *Escherichia*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Erwinia* e *Brevibacterium*. Fungos: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Sclerotium*, *Rhizopus*, *Candida*, *Oidiodendron*, *Pseudogymnoascus*, *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Fusidium*, *Fusarium*, *Cunninghamella*, *Thielavia*, *Mucor* e *Coniothyrium*.

Os microrganismos solubilizadores podem propiciar a dissolução dos fosfatos insolúveis pela produção de ácidos inorgânicos ou orgânicos e/ou pela diminuição do valor do pH, liberando fosfato disponível Cerezine et al. (1988) citado por Nahas (1999). Os ácidos orgânicos secretados pelos microrganismos agem de duas formas: diminuindo o valor do pH e formando quelatos com os metais dos fosfatos naturais. Em decorrência da diferenciada ação quelante dos ácidos orgânicos secretados, diferentes graus de solubilização podem ser esperados.

De acordo com Eira (1992), quanto à natureza química existem basicamente três classes de agentes de solubilização:

Ácidos minerais fracos: H_2CO_3 formado a partir das excreções radiculares de CO_2 e do metabolismo respiratório dos microrganismos, ácidos minerais fortes: H_2SO_4 , HNO_2 e HNO_3 formados respectivamente, na oxidação de formas reduzidas de enxofre e nitrogênio por bactérias quimiolitotróficas e ácidos orgânicos: ácido cítrico, oxálico, glucônico e outros formados no metabolismo intermediário de organismos quimiorganotróficos, ou excretados pelas raízes de plantas superiores.

Dentre as bactérias de metabolismo quimiolitotrófico a do gênero *Thiobacillus* que utiliza o enxofre elementar ou tiosulfatos como fonte de energia, oxidando-os a ácido sulfúrico, tem potencial para atuar na liberação de fósforo de fosfatos naturais, destacando-se a espécie *T. thiooxidans* por oxidar rapidamente o enxofre em condições de elevada acidez (EIRA, 1992).

Devido aos baixos teores de enxofre nos solos, a população de *T. thiooxidans* é limitada. No entanto, com a adição deste elemento ao solo, pode ocorrer a multiplicação destas bactérias, resultando em melhor aproveitamento do fósforo pela planta (LOMBARDI, 1981). Os maiores teores de fósforo foram observadas por Neller (1956) citado por Lombardi (1981) em plantas de aveia e trevo que receberam Rocha Fosfatada em mistura com enxofre, em relação àquelas que receberam apenas o fosfato.

Malavolta (1952), em experimento envolvendo a mistura da apatita de Jacupiranga com enxofre, na proporção 1:1, observou uma solubilização de 71,7 % da apatita. Ao utilizar, também uma mistura de fosfato com enxofre nessa proporção, na produção de *Lupinus* sp., esse mesmo autor obteve efeitos significativos na produção e nodulação dessa espécie.

BIOFERTILIZANTES

Biofertilizante se constitui num produto novo e alternativo, fruto do enriquecimento de adubos orgânicos com fertilizantes minerais. Como decorrência da maior concentração de nutrientes em relação aos fertilizantes orgânicos, apresenta a vantagem de poder ser empregado em menores quantidades por área, além do menor custo de transporte. Além disso, Kiehl (1994) observa que o fertilizante organomineral, ao contrário do químico, pode

ser empregado de uma só vez no solo, pois seus nutrientes estão sob a forma orgânica e mineral.

Segundo dados do IBGE (2004), a área plantada com melão no Brasil, em 2002 foi de 17.000 hectares, com produção de 352.000 toneladas e produtividade média da ordem de 20,87 t/ha. A região Nordeste foi responsável por cerca de 99% desta produção, destacando-se os Estados do Rio Grande do Norte (56,7%), Ceará (35,5%), Bahia e Pernambuco (7,8%) (EMBRAPA, 2004).

A pesquisa de fosfatos alternativos aos fosfatos solúveis tem-se intensificado no Brasil nos últimos anos, com o objetivo de utilização de matérias primas nacionais, existindo várias alternativas de uso de matérias-primas fosfáticas (Espinozza et al, 1985).

Com relação aos fosfatos naturais que são de baixa solubilidade em água, variando de acordo com a sua mineralogia e granulometria, o emprego de rochas fosfatadas na agricultura torna-se limitado, sendo utilizadas em culturas perenes, pelo seu efeito lento e residual (BALLESTERO *et al.*, 1986). Considerando que os solos brasileiros são deficientes em fósforo e que os fosfatos são recursos naturais não renováveis e escassos, há necessidade em utilizá-lo eficientemente (GOEDERT; SOUSA, 1986). A crescente conscientização ambiental, nos últimos anos, e a escassez de matérias primas para produção de fertilizantes minerais, o reaproveitamento de resíduos urbanos, industriais e agrícolas, com o intuito de reduzir a poluição ambiental e criar novos produtos alternativos para uso na agricultura, como a utilização de rochas fosfatadas e potássicas e a produção de biofertilizantes vêm despertando o interesse de muitos pesquisadores (STAMFORD et al. 2004b, LIMA, 2005, MOURA, 2006).

A ocorrência de microrganismos solubilizadores de fosfato e sua capacidade de solubilização estão intimamente relacionadas com o solo e com a condição de manejo do solo (KUCEY, 1983; NAHAS et al., 1994). Entretanto com relação ao uso de rochas potássicas na disponibilidade de potássio para as plantas, mediante a atividade de microrganismos, a literatura ainda é muito escassa, apesar da grande potencialidade de utilização deste nutriente na agricultura (MOURA, 2006).

Alguns fatores podem influenciar a efetividade de fosfatos naturais aplicados no solo, tais como: mineralogia do Rocha Fosfatada, reatividade do fosfato, tamanho do grão e área superficial, atributos físicos e químicos do solo, especialmente pH, capacidade do solo na manutenção de umidade, estado nutricional da planta, principalmente quanto a Ca e P, capacidade de fixação de P do solo, espécie cultivada e seu requerimento nutricional, práticas de manejo, incluindo método e tempo de aplicação, e calagem do solo (VAN STRAATEM, 2002).

O isolamento e a seleção dos microrganismos com maior habilidade de solubilização de fosfatos de rocha tem merecido a atenção dos pesquisadores, principalmente dada à possibilidade de seu emprego em programas de interação com microrganismos fixadores de N₂ (NAHAS, 1999). Bactérias do gênero *Acidithiobacillus*, que são capazes de produzir H₂SO₄ (GARCIA JÚNIOR, 1992). O ácido sulfúrico produzido na reação microbiológica pode atuar no Rocha Fosfatada disponibilizando P, bem como no solo, promovendo redução no pH (SANTOS, 2000; STAMFORD et al., 2002). Deve ser levado em consideração que o uso de fertilizantes é importante para o desenvolvimento e produção das culturas, e os altos custos dos produtos solúveis contribuem diretamente para reduzir a sua aplicação por agricultores de baixa renda (SANCHEZ, 2002).

No presente trabalho procurou-se verificar a possibilidade de produção de biofertilizantes obtidos pela solubilização de rochas fosfatadas (apatita), com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, e verificar a eficiência dos produtos obtidos em comparação com rochas naturais e com fertilizantes solúveis (superfosfato triplo), no desenvolvimento do melão amarelo cultivado em dois diferentes tipos de solos.

Deve ser levado em consideração que o uso de fertilizantes é importante para o desenvolvimento e produção das culturas, e os altos custos dos produtos solúveis contribuem diretamente para reduzir a sua aplicação por agricultores de baixa renda (SANCHEZ, 2002). Fontes minerais não ocorrem na natureza em forma diretamente disponível para as plantas e devem ser modificadas por processos físicos, químicos ou biológicos para serem efetivas no fornecimento de nutrientes para as culturas (VAN STRAATEM, 2002).

BIOFERTILIZANTE FOSFATADO

A matéria-prima básica para a fabricação de fertilizantes fosfatados são as rochas fosfáticas, sendo mais comum o uso das apatitas. Trata-se de um recurso natural não renovável e que não tem sucedâneo para as plantas. Para a produção de fertilizantes solúveis (superfosfatos e termofosfatos) é requerido apreciável gasto de energia, havendo necessidade de se estabelecer estratégias para o uso eficiente e econômico das rochas fosfáticas (GOEDERT; SOUSA, 1986). A utilização direta do Rocha Fosfatada na forma bruta é muito restrita devido à sua baixa solubilidade, sendo mais usados em misturas com os fertilizantes solúveis, visando o aproveitamento, através de sua lenta solubilização no solo (OLIVEIRA et al., 1977). Para a produção de fertilizantes solúveis, ocorre apreciável consumo de energia, e, no processamento com ácido sulfúrico ou ácido fosfórico, é necessária mão-de-obra especializada.

Denomina-se de fosfatos naturais os concentrados obtidos a partir de minérios fosfáticos, normalmente de minerais do grupo das apatitas, que ocorrem em jazidas, as quais podem ou não passar por processos físicos de concentração, como lavagem e/ou flotação, para separá-los dos outros minerais (KAMINSKI; PERUZZO, 1997).

De acordo com a composição mineral os fosfatos naturais se classificam em: fosfatos de ferro-alumínio (Fe-Al-P), fosfatos de cálcio-ferro-alumínio (Ca-Fe-Al-P) e fosfatos de cálcio (Ca-P). As três classes constituem uma sequência natural de intemperização dos depósitos de rocha fosfática, na qual as formas estáveis de fosfato de ferro-alumínio representam o estágio mais avançado de intemperismo e o fosfato de cálcio representa a rocha matriz (LEHR, 1980).

Para Kaminski e Peruzzo (1997), os fosfatos naturais podem ser divididos em duas categorias: os fosfatos naturais “duros”, em que as apatitas não têm, ou têm pouquíssimas substituições isomórficas, como são a maioria dos fosfatos naturais brasileiros e os fosfatos naturais “moles”, de origem sedimentar, com alto grau de substituição isomórfica do fosfato por carbonato na apatita, reconhecidos como fosfatos naturais “reativos”.

O emprego de fosfatos naturais constitui a opção mais econômica para suprir as necessidades das plantas, principalmente em países onde a disponibilidade de matéria prima

para obtenção de fosfatos solúveis é exígua. Todavia a sua utilização é muito restrita devida à sua baixa solubilidade (NAHAS, 1999). Essa limitação é solucionada pela produção de fosfatos solúveis, porém esse processo exige o uso de ácidos (ácido sulfúrico e ácido fosfórico), matéria prima essencialmente importada, além de que na fabricação do fertilizante é elevado o consumo de energia (GOEDERT; SOUZA, 1986).

Um método químico bastante utilizado para melhorar a eficiência dos fosfatos naturais é a sua acidificação parcial. No entanto outro método que pode contribuir para aumentar a eficiência dessas rochas é a solubilização biológica produzida por alguns grupos de microrganismos do solo (GARCIA JÚNIOR, 1992).

Os microrganismos solubilizadores podem propiciar a dissolução dos fosfatos insolúveis pela produção de ácidos inorgânicos ou orgânicos e/ou pela diminuição do valor do pH, liberando fosfato disponível He *et al.* (1996). Utilizando Rocha Fosfatada com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* (STAMFORD *et al.* 2003a e 2003b, STANFORD *et al.*, 2004a e 2004b produziram biofertilizantes fosfatados cuja atuação foi avaliada na cultura do caupi e no jacatupé em solos com baixo P disponível, com excelentes resultados.

MATERIAL E MÉTODOS

CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, na Universidade Federal Rural do Semiárido, localizada no Município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, entre os meses de março a setembro de 2005. O município de Mossoró está situado na região semiárida do Nordeste brasileiro, no Estado do Rio Grande do Norte, localizado pelas coordenadas geográficas 5°11'de latitude sul, 37°20'de longitude W. Gr. e 18 m de altitude, com uma temperatura média anual em torno de 27,5⁰ C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm. Segundo classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró-RN é do tipo BSwH', ou seja, quente

e seco, tipo estepe, com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono (CARMO FILHO et al., 1987).

O experimento foi realizado em dois ciclos, onde cada ciclo foi conduzido até o início da frutificação, isto é, até os 45 DAP. O delineamento experimental utilizado, foi o de blocos casualizados, em três repetições, no esquema fatorial $2 \times 3 \times 6 + 1$. Foram utilizados dois tipos de solos (Neossolo Quartzarênico e Neossolo Fulvico); três tipos de fontes (o Superfosfato triplo, o Biofertilizante Fosfatado e o Rocha Fosfatada-apatita); e seis doses de fósforo (o recomendado para a cultura, a dose zero, 50 % do recomendado, 75 % do recomendado, o dobro do recomendado e o triplo do recomendado); além do tratamento adicional. A rocha utilizada na produção do biofertilizante foi a rocha fosfatada apatita (apatita de Irecê, Bahia, com 24 % de P_2O_5).

PRODUÇÃO DO BIOFERTILIZANTE

Na produção do biofertilizante foi adicionado enxofre (100 kg de S por 1000 kg de rocha) inoculado com a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus*. A bactéria foi cultivada em meio específico 9K em Erlenmeyers de 2000 mL, contendo 1000 mL de meio, colocados em agitação a 150 rpm, por 5 dias a 28 – 30^o C. O material foi esterilizado a 120^o C, por 30 minutos, em autoclave horizontal com capacidade para 40 litros. A adição de *Acidithiobacillus* foi realizada da seguinte forma: Para cada camada com 1000 kg de rocha (fosfatada), em mistura homogênea com enxofre (100 kg) adicionou-se a cultura de *Acidithiobacillus* diluída em água filtrada, na proporção de 1 litro de meio para cada 10 litros de água, usando-se um pulverizador de pressão com capacidade para 12 litros. Antes da colocação do material o canteiro foi revestido com lona plástica e após a colocação da última camada (4000 kg de rocha: 400 kg de enxofre) os canteiros foram recobertos com lona plástica, com a finalidade de evitar acúmulo de água através de precipitação, e manter a bactéria no escuro para ativar o processo da produção de ácido sulfúrico. Diariamente o material foi irrigado (próximo à capacidade de campo) e recoberto, durante o período de incubação (60 dias). Depois de produzido, o biofertilizante foi colocado para secagem na

temperatura ambiente, peneirados, ensacado e armazenado, e oportunamente, conduzido para o local do experimento, para aplicação no campo.

ANÁLISE DO MATERIAL

Após os sessenta dias de incubação, foram realizadas as seguintes análises: P e K total em percentagem, P em citrato de amônio, P em ácido cítrico 2%, e K em água (EMBRAPA, 1997). As determinações foram realizadas em amostras compostas, com seis repetições, cujos resultados são apresentados na Tabela 1. A análises do Biofertilizante e da Rocha fosfatada encontra-s na Tabela 2.

Tabela 1. Atributos químicos do solo onde foi instalado o experimento.

H ₂ O	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³				%	g kg ⁻¹
Neossolo Fulvico	6,58	2	4,21	0,25	12,12	0,13	5,60
Neossolo Quartzarênico	4,38	4,33	0,25	1,14	0,13	5,60	

Tabela 2. Análise química do Biofertilizante e da Rocha fosfatada.

Fertilizantes	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	pH (CaCl ₂)	P	K	Na	Ca	Mg
	mg dm ⁻³							
Biofertilizante	3,10	2,83	3,04	4,499	0,001	0,005	0,275	0,100
Rocha Fosfatada	6,96	6,89	6,97	0,004	0,000	0,007	0,200	0,000
Húmus	6,38	6,32	6,24	0,085	0,003	0,001	0,000	0,000

Antes da instalação do experimento, os solos utilizados, foram submetidos a análises químicas e físicas. Foram coletadas amostras na camada arável (0-20 cm), e os resultados de alguns atributos químicos e físicos constam na Tabela 1.

As amostras dos dois tipos de solos foram ainda incubadas, utilizando-se doses crescentes de calcário, a fim de observar-se o comportamento do pH dos solos. Ambos não apresentaram variações que justificassem a calagem dos mesmos.

COLETA OS SOLOS

Os solos para o experimento foram coletados nos Municípios de Mossoró, no caso do Neossolo Quartzarênico; e no Município de Ipanguassu, também localizado no estado do Rio

Grande do Norte, no caso do Neossolo Fulvico. Foram abertas trincheiras de dois metros de profundidade, a fim de classificar os mesmos. Os solos que foram utilizados no experimento, foram coletados a uma profundidade de 0 a 20 cm, colocados em sacos plásticos, e levados para o galpão de destorroamento da UFERSA. Os mesmos foram espalhados em cima de lonas plásticas, colocados para secar, destorroados e peneirados em malha de 4 mm posteriormente. Após peneirados, os solos foram colocados em vasos de 10,0 L e umedecidos com água destilada, até que atingissem a capacidade de campo, sendo que está já havia sido determinada através das análises de caracterização realizadas anteriormente.

PREPARO DOS VASOS

Os vasos foram preparados e cheios com os solos e em seguida procedeu-se a adubação. As doses foram previamente calculadas, de acordo com as necessidades da cultura do melão e dos teores de P de cada solo e, utilizando-se do Manual de Recomendação de Adubação do Estado de Pernambuco. As doses de cada fonte de P foram pesadas previamente em laboratório e colocadas a 10 cm de profundidade. A adubação com os demais nutrientes, foi realizada através de fertirrigação, espaçadas em intervalos de três em três dias, também de acordo com as necessidades da cultura e de acordo com o Manual de Recomendação de Pernambuco. Para a adubação com K, utilizou-se como fonte o fertilizante comercial Cloreto de Potássio (KCl), 40 kg ha⁻¹ de K₂O, e para a adubação nitrogenada, utilizou-se ureia, na dose de 160 kg ha⁻¹.

Para os micronutrientes, utilizou-se um adubo comercial Superfosfato Triplo.

PLANTIO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram utilizadas sementes da cultivar híbrida Mandacaru (Sakata), após a realização do teste de germinação, sendo produzidas mudas com o semeio de três sementes por célula, em bandejas de isopor. Oito dias após o plantio (dap) realizou-se o transplante das mudas, escolhendo-se as mais homogêneas e vigorosas.

As plantas foram mantidas tutoradas, através de barbantes colocados em todos os tratamentos, e a haste principal foi medida durante todo o ciclo, a fim de se verificar o desenvolvimento das plantas.

Durante os dois ciclos, realizou-se a irrigação com água destilada e de acordo com os valores da capacidade de campo e ponto de murcha permanente cada solo, e de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, duas vezes por dia. A tensão da água no solo foi mantida próxima da capacidade de campo.

Verificou-se durante o desenvolvimento da cultura, o aparecimento de pragas típicas do meloeiro e da região, tais como a mosca branca (*Bemisia tabaci*) e mosca minadora (*Liriomyza sativae*), as quais foram controladas através do uso dos defensivos Actara (BASF) e Mospilan (BASF), respectivamente. Ambos os inseticidas são sistêmicos, e foram aplicados em todos os tratamentos, junto as raízes das plantas, espaçados em intervalos de 10 dias.

COLHEITA DO EXPERIMENTO

Após 45 dias da semeadura, realizou-se a colheita. Os dois ciclos não foram conduzidos até o fim, isto é, 60 dias após o plantio, em virtude da baixa taxa de fecundação dos frutos, explicado pela ausência de insetos (abelhas) dentro da casa-de-vegetação, o que não possibilitou o cruzamento das plantas, já que o meloeiro é predominantemente alógamo (90 % de alogamia). Desta maneira, as plantas foram colhidas após o final do florescimento e início da frutificação, ou seja, aos 45 dias após o plantio (dap).

Durante os ciclos, avaliou-se o dia de aparecimento da primeira flor e o número de flores masculinas e femininas por planta. No final de cada ciclo, durante a colheita, avaliou-se o comprimento da haste principal; o diâmetro do caule; o número de frutos formados; o diâmetro dos frutos; e o peso de matéria fresca. As plantas foram colocadas em sacos de papel e foram imediatamente pesadas. Logo em seguida, foram levadas a uma estufa de circulação de ar forçada, a 65 °C, durante 24 horas. Depois disso, a matéria seca foi triturada

e realizou-se as análises de Ca + Mg, Ca, Mg, Na, K e P, através da digestão Nitro perclórica, numa relação 1:3.

No final dos dois ciclos, 60 dias após a germinação (dag) retirou-se amostras de solos de todos os tratamentos. As mesmas foram levadas ao galpão de destorroamento, identificadas, colocadas para secar e destorroadas. Em seguida, foram peneiradas em malha de 2 mm. Após isso, procedeu-se as análises químicas do solo. Foi determinado pH em água (1:2,5), pH em KCl 1 mol. L⁻¹ e pH em CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹; Ca + Mg, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, utilizando como extrator o KCl 1 mol. L⁻¹; Na, K e P, utilizando-se como extrator o Mehlich 1 (1 mol. L⁻¹); H + Al (acidez potencial), extraído com acetato de cálcio; o P foi ainda extraído com solução de Mehlich 3 (1 mol. L⁻¹) e solução de Bicarbonato de Sódio ou Olsen, numa concentração de 0,5 N.

Após realizadas as análises químicas, procedeu-se à análise de variância, e regressão utilizando o Programa SAS (SAS Institute, 1999) para determinação de eventuais “outliers” e transformações requeridas, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

EFEITO DOS TRATAMENTOS NOS PARÂMETROS DO SOLO

Após a colheita do segundo ciclo do melão, 120 (dag) realizou-se as análises dos atributos químicos dos solos utilizados. Houve efeito significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos relacionados ao pH em água, pH em KCl, pH em CaCl₂, H + Al, Al trocáveis, Mg, Ca, Na, K, e P disponível nos solo, 120 dias após o plantio de melão. E entre os tratamentos para a produção de biomassa seca, teor e acúmulo Ca, Mg, K, Na e P nas plantas de melão com 60 dag. Em dois ciclos consecutivos. A Tabela 3 revela os resultados de pH em água, em KCl e em CaCl₂, Al trocável e Mg disponível nos solos. Para os resultados de pH em água, e em CaCl₂ observa-se que houve efeito significativo apenas para o tipo de solo. De uma maneira geral pH dos solos estudados foi mais influenciado pelo tipo de solo do pelos tratamentos. O solo classificado como Neossolo

Fulvico apresentou um valor de pH mais elevado que o solo Classificado como Neossolo Quartzarênico. O método com água apresentou um valor de pH mais elevado do os outros métodos.

Os resultados encontrados por Stamford et al. (2002), usando S inoculado com *Acidithiobacillus* em solos salinos sódicos observara que houve acidificação do solo. Stamford et al. (2005) usando a rocha fosfatada natural (apatita de Gafsa) com adição de enxofre, com e sem inoculação com *Acidithiobacillus*, constataram que em solo cultivado com sabiá (*Mimosa cesalpinifolia*), ocorreu redução no pH com e sem inoculação, embora apresentando maior acidez quando o enxofre foi inoculado com a bactéria. Os teores Al foram baixos para os dois solos. Já o teor de Mg foi maior no solo classificado como Neossolo Fulvico.

Tabela 3. Efeito do tipo de Solo no pH avaliados por dois métodos (em água e CaCl₂)

Solos	pH em água (1:2,5)	pH em CaCl ₂	pH em KCl	Ca	Al	Mg
				Cmolc/dm ³		
Neossolo Fulvico	6,2	5,5	5,6	12,96	0,1	3,6
Neossolo Quartzarênico	5,1	4,4	4,5	2,92	0,1	1,5
DMS=	0.169	0.128	0.120	0.558	0.577	

A disponibilidade de Ca no solo foi afetada pelos solos e pelas fontes de fósforo utilizadas. O Neossolo Fulvico disponibilizou mais Ca que o Neossolo Quartzarênico e o Biofertilizante foi a fonte que disponibilizou o maior teor de Ca no solo seguido pelo Superfosfato triplo e pela rocha fosfatada. Esta última proporcionou o menor teor desse nutriente no solo, provavelmente devido a sua baixa solubilidade (Figura 1). Provavelmente a Rocha fosfatada também é rica em Ca.

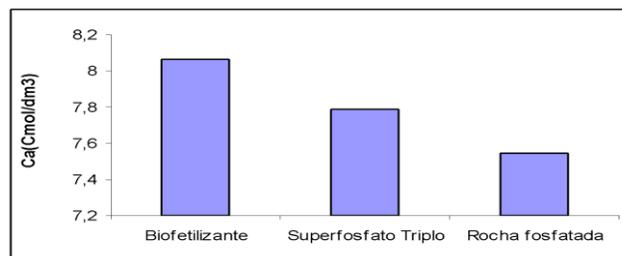


Figura 1. Teor da Cálcio disponível no solo (dias após o experimento) em função das fontes utilizadas.

Os teores de H + Al, Na, K e P nos solos utilizados encontram-se nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Mostrando efeito significativo para a interação solo x fontes x doses ao nível de 5% de probabilidade. Houve um aumento considerável na disponibilidade de Ca, K e P dos solos fertilizados, com as diferentes fontes e doses 120 dag. Estes resultados corroboram os resultados encontrados por Moura et al (2006) que atribuiu a disponibilização de cálcio no nível mais elevado de biofertilizante fosfatado 200 kg/ha, aos teores encontrados na rocha usada para a elaboração do biofertilizante.

O potássio disponibilizado nos solo em função dos tratamentos foi muito baixo. É importante salientar que na literatura não existem trabalhos com referência ao efeito da aplicação de biofertilizantes potássicos produzidos a partir de rochas (MOURA, 2006).

Com referência ao sódio trocável constatou-se que os resultados mais elevados foram obtidos no Neossolo Fulvico, principalmente com a aplicação rocha fosfatada e do fertilizante solúvel, o biofertilizante só aumentou o teor de Na do solo, nas doses mais altas. Moura et al 2006 também encontrou valores mais elevados de Na com aplicação de 200 kg/ha, enquanto os menores resultados foram com a aplicação dos fertilizantes convencionais e no tratamento controle.

De uma maneira geral ficou evidenciada a possibilidade de uso de biofertilizantes produzidos a partir de rochas fosfatadas com adição de S e matéria orgânica na forma de Húmus de minhoca, inoculado com *Acidithiobacillus* como alternativa em substituição a fertilizantes convencionais solúveis. A adição de Húmus de minhoca na elaboração do biofertilizante eliminou o efeito em do biofertilizantes em promover acidez no solo, como evidenciado por (MOURA et al 2006).

A Quantidade de P disponível no Neossolo Fulvico foi maior que no Neossolo Quartzarênico e as doses mais altas 250 e 300 kg/ha disponibilizaram mais P. Entretanto, também houve um aumento na disponibilidade P nos tratamentos controle. Os extratores Mehlich 1 e Mehlich 3 superestimaram os resultados em relação a disponibilidade de P nos solos estudados.

De acordo com Nahas (2002) a adição de fertilizantes como o superfosfato triplo, aumenta significativamente o número de bactérias produtoras de fosfatase alcalina em comparação com adição de fosfato natural. Parece que o *Acidithiobacillus* que contribuiu para uma maior solubilidade de fósforo no Neossolo Fulvico, em função do aumento da acidez como descrito por He et al. (1996).

Lombardi (1981) obteve efeito positivo da aplicação do fosfato Alvorada com e sem adição de S inoculado com *Acidithiobacillus* no desenvolvimento do capim colômbio e na acumulação de P total, tendo as bactérias nativas do solo promovido atuação tão efetiva quanto o tratamento com adição de *Acidithiobacillus*. Stamford et al. (2005) e Santos (2002) também observaram efeito positivo do fosfato natural de Gafsa com revestimento de S inoculado com *Acidithiobacillus*, no P total na parte aérea e no P disponível do solo cultivado com sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e Stamford et al. (2003a) relataram efeitos semelhantes com aplicação de biofertilizante de rocha fosfatada (apatita de Gafsa) na cultura do jacatupé. Stamford et al. (2004b) verificaram efeito de biofertilizante produzido com rocha fosfatada (fosfato de Irecê) inoculado com *Acidithiobacillus*, no P total acumulado em caupi e no P disponível no solo, com valores mais elevados do que os obtidos com superfosfato triplo.

Tabela 4. H + Al trocável no solo em função dos solos, das doses e das fontes utilizadas

Neossolo Fulvico			Neossolo Quartzarênico			
Doses	Biofertilizante	Super Fosfato Triplo	H + Al (Cmolc/dm ³)			
			Rocha fosfatada	Biofertilizante	Super Fosfato Triplo	Rocha Fosfatada
0	4,23	4,60	4,27	4,47	4,40	4,27
50	4,30	4,30	4,40	4,47	4,37	4,10
100	4,30	4,33	4,17	4,40	4,27	4,40
150	4,60	4,47	4,60	4,65	4,13	4,90
200	4,50	4,03	4,43	4,43	4,73	4,10
250	4,93	4,70	4,93	4,83	4,40	5,15
300	4,73	4,73	4,73	4,90	4,90	4,90

DMS: 0.080

Tabela 5. Teor de Na trocável no solo em função dos solos, das doses e das fontes utilizadas

Neossolo Fulvico			Neossolo Quartzarênico			
Doses	Biofertilizante	Na (Cmolc/dm3)				
		Super Fosfato Triplo	Rocha Fosfatada	Biofertilizante	Super Fosfato Triplo	Rocha Fosfatada
0	0,08	0,11	0,17	0,04	0,01	0,01
50	0,08	0,10	0,12	0,04	0,01	0,01
100	0,08	0,15	0,16	0,01	0,01	0,01
150	0,14	0,09	0,14	0,01	0,01	0,01
200	0,12	0,15	0,14	0,01	0,01	0,05
250	0,11	0,16	0,12	0,01	0,01	0,01
300	0,13	0,13	0,13	0,01	0,01	0,01

DMS: 0.00154782065818534

Tabela 6. Teor de K trocável no solo em função dos solos, das doses e das fontes utilizadas

Neossolo Fulvico			Neossolo Quartzarênico			
Doses	Biofertilizante	K (Cmolc/dm3)				
		Super Fosfato Triplo	Rocha Fosfatada	Biofertilizante	Super Fosfato triplo	Rocha Fosfatada
0	0,04	0,07	0,07	0,02	0,00	0,00
50	0,04	0,06	0,07	0,02	0,00	0,00
100	0,04	0,08	0,08	0,00	0,00	0,01
150	0,08	0,06	0,08	0,00	0,01	0,01
200	0,06	0,07	0,08	0,01	0,00	0,03
250	0,07	0,08	0,07	0,00	0,00	0,01
300	0,07	0,07	0,07	0,01	0,01	0,01

DMS= 0.0100

Tabela 7. Teor de P Disponível no solo em função dos solos, das doses e das fontes utilizadas

Neossolo Fulvico			Neossolo Quartzarênico			
Doses	Biofertilizante	P Mehlich 1 (mg/dm3)				
		Super Triplo	Rocha Fosfatada	Biofertilizante	Super Triplo	Rocha Fosfatada
0	21,15	18,47	24,50	34,80	25,66	38,16
50	39,66	18,21	31,56	42,16	31,59	37,34
100	39,83	20,44	32,05	44,18	32,17	39,46
150	43,73	15,73	34,00	58,30	35,55	33,92
200	44,90	23,02	46,40	60,44	34,08	39,66
250	47,83	23,91	51,71	68,09	38,57	44,18
300	58,61	58,61	58,61	37,38	37,38	37,38

Tabela 8. Teor de P Disponível no solo em função dos solos, das doses e das fontes utilizadas

Neossolo Fulvico				Neossolo Quartzarênico		
P Olsen (mg/dm ³)						
Doses	Biofertilizante	Super Triplo	Rocha Fosfatada	Biofertilizante	Super Triplo	Rocha Fosfatada
0	12,31	10,96	16,12	21,14	13,61	23,91
50	25,25	12,20	16,25	22,71	13,59	24,09
100	25,98	12,64	15,84	23,44	13,45	25,26
150	28,13	12,33	19,66	28,86	15,83	23,94
200	29,66	13,59	24,35	30,98	17,57	24,38
250	30,97	13,29	30,98	33,39	20,03	28,80
300	33,58	33,58	33,58	23,68	23,68	23,68

DMS: 0.544

Tabela 9. Teor de P Disponível no solo em função dos solos, das doses e das fontes utilizadas.

Neossolo Fulvico				Neossolo Quartzarênico		
P Mehlich 3 (mg/dm ³)						
Doses	Biofertilizante	Super Triplo	Rocha Fosfatada	Biofertilizante	Super Triplo	Rocha Fosfatada
0	22,16	13,95	14,21	14,70	15,33	22,51
50	30,09	14,75	15,19	15,11	17,44	22,45
100	34,73	13,77	26,81	18,91	17,90	34,31
150	38,03	17,76	33,00	29,13	17,94	35,89
200	41,87	17,44	38,42	35,46	20,29	39,49
250	51,98	19,23	49,01	36,85	20,67	48,40
300	44,81	44,81	44,81	21,56	21,56	21,56

EFEITO DOS TRATAMENTOS NOS PARÂMETROS NA PLANTA

A produção de biomassa seca da parte aérea do melão cultivado no Neossolo fulvico foi constante e superior a encontrada no Neossolo quartzarênico, o qual teve seu melhor resultado no dose 250 kg/ha de P₂O₅, caindo drasticamente na dose 300 kg/ha de P₂O₅. Observando as Figuras 2 e 3 nota-se uma queda acentuada na produção de biomassa seca de um ciclo para o outro. No 1º Ciclo houve efeito dos solos e das doses. Já no 2º Ciclo houve efeito apenas das doses.

Stamford et al. (2005), usando o mesmo Biofertilizante feito com rocha fosfatada (apatita de Gafsa) com adição de enxofre, com e sem inoculação com *Acidithiobacillus*, constataram que houve aumento na produção de biobiomassa seca da parte aérea de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*).

Moura et al (2006) obteve resultados positivos na produção de biomassa seca da parte aérea de melão cultivado no Vale do São Francisco. Com aplicação do biofertilizante com P, na dose 200 kg/ha. Lima (2005), aplicando biofertilizantes com P, verificou resposta na cana-de-açúcar, trabalhando em solo de tabuleiro da Zona da Mata de Pernambuco, inclusive com resultados superiores ao tratamento com aplicação de fertilizantes convencionais Superfosfato Triplo.

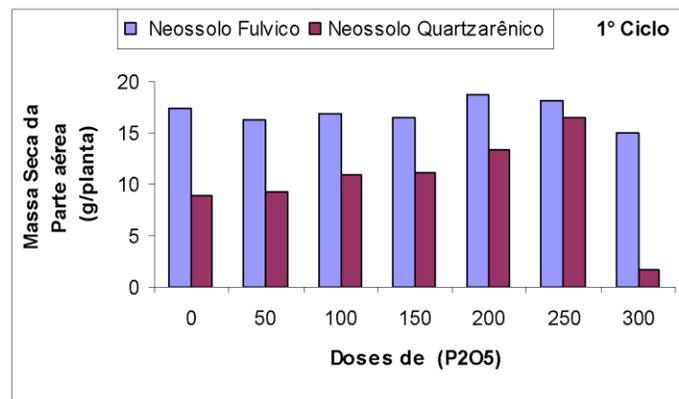


Figura 2. Rendimento de Biomassa seca da parte aérea de Melão (g/planta) no primeiro Ciclo.

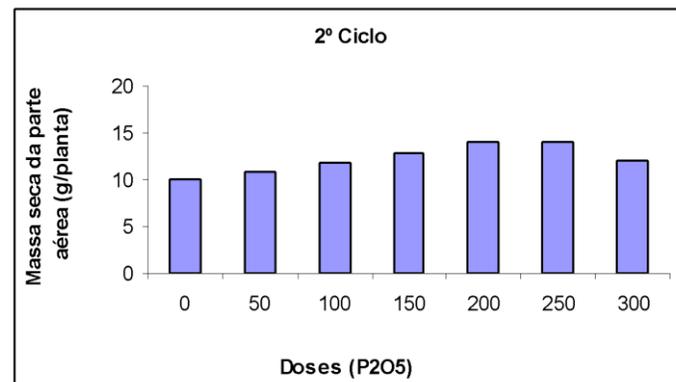


Figura 3. Rendimento de Biomassa seca da parte aérea de Melão (g/planta) no segundo Ciclo.

Para o potássio acumulado na parte aérea do melão os resultados estão apresentados nas Figura 4 e 5. Para K total acumulado na parte aérea não houve resposta à fertilização com P. Todavia, verificou-se diferença significativa entre os solos no 1º ciclo, sendo os maiores valores obtidos quando o melão foi cultivado no Neossolo Quartzarênico. Já no 2º ciclo, houve efeito das fontes de P usadas, o melhor resultado foi obtido com a rocha fosfatada.

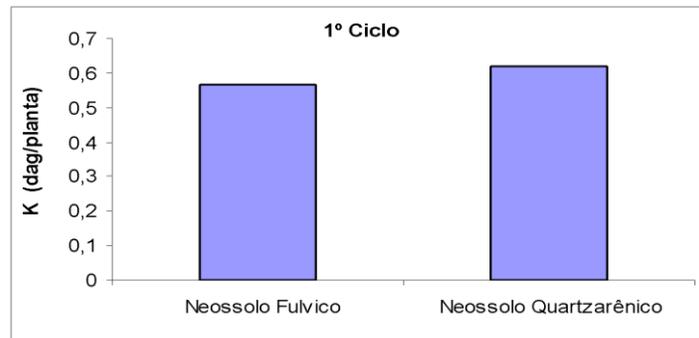


Figura 4. Teor de Potássio da parte aérea de Melão (dag/planta) no primeiro Ciclo.

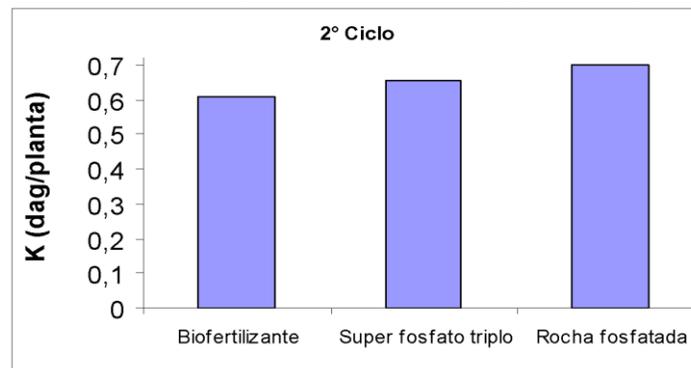


Figura 5. Teor de Potássio da parte aérea de Melão (dag/planta) no segundo Ciclo.

O acúmulo Ca e Mg foi maior no 2º Ciclo Figuras 6,7, 8, e 9. Mostrando que houve efeito residual. Esse resultado está de acordo com os encontrados por (LOGONATHAN *et al.* 1994; LOWELL; WEIL, 1995).

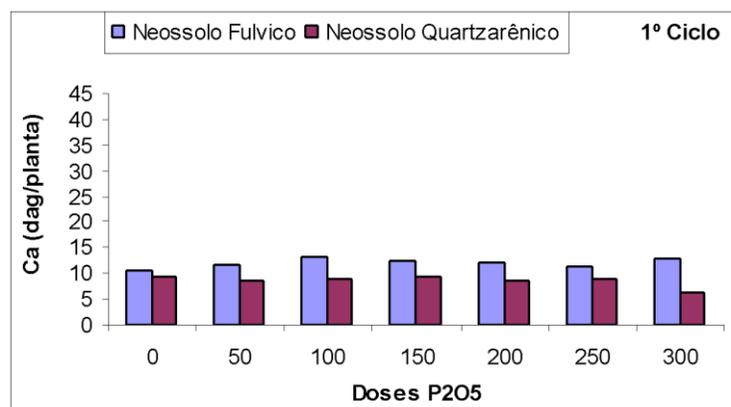


Figura 6. Teor de Cálcio da parte aérea de Melão (dag/planta) no primeiro Ciclo.

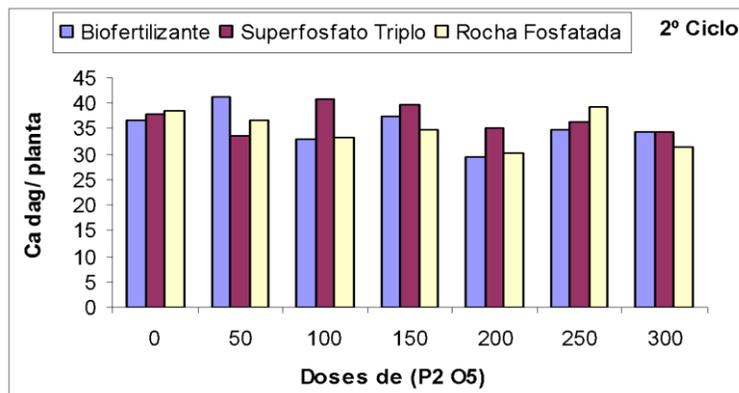


Figura 7. Teor de Cálcio da parte aérea de Melão (dag/planta) no segundo Ciclo.

Com referência ao magnésio acumulado na parte aérea do meloeiro no final do 1º ciclo, houve efeito das doses usadas. Os maiores resultados de acúmulo foram em torno de 2,4 g de Mg / planta e foram obtidos sem adição de fertilizantes (na doses 0) e com aplicações de 150 e 250 kg/ha, valores esses superiores aos encontrados por Belfort (1985) que encontrou valores médios de 1,9 g/planta. Na dose 300 Kg/há, houve uma redução no acúmulo de Mg para esta cultura.

No 2º Ciclo houve efeito da interação entre os solos usados e as doses de P₂O₅. De uma maneira geral houve uma redução no acúmulo de Mg no segundo ciclo.

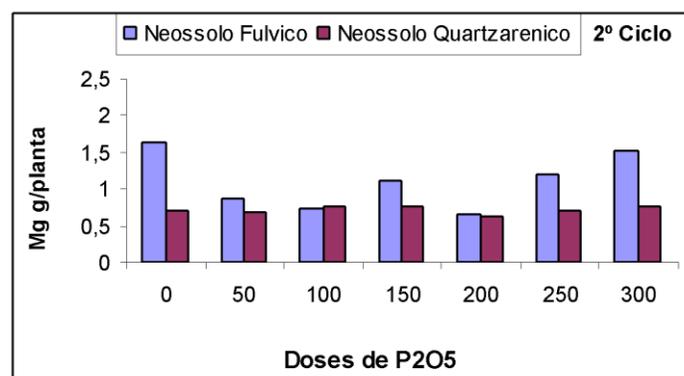


Figura 8. Teor de Magnésio da parte aérea de Melão (dag/planta) no segundo Ciclo. O teor de Na na planta também aumentou no segundo ciclo, passando de 0,2 para 0,35 (Figuras 10 e 11).

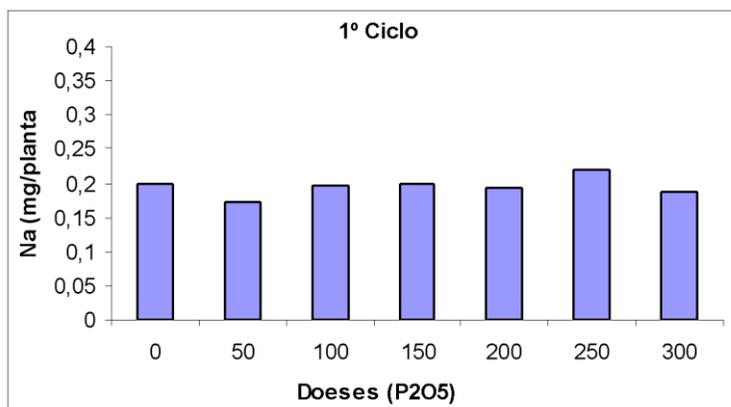


Figura 9. Teor de Sódio da parte aérea de Melão (dag/planta) no primeiro Ciclo.

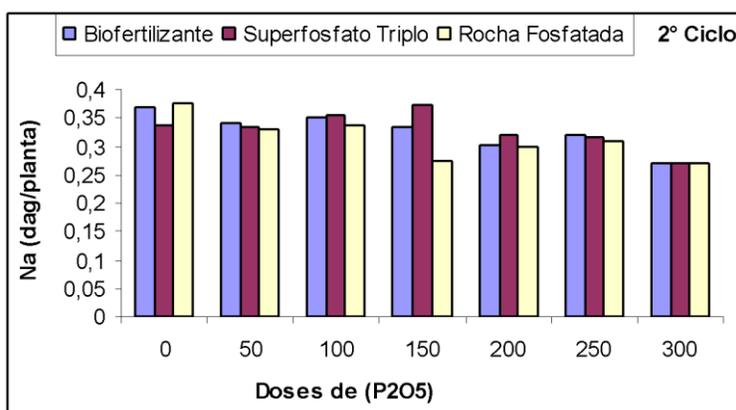


Figura 10. Teor de Sódio da parte aérea de Melão (dag/planta) no segundo Ciclo.

Com relação ao P total acumulado na parte aérea do melão os resultados obtidos encontram-se na Figura 12. Observou-se diferença significativa em função do tipo de solo e das doses de P_2O_5 usadas. O melhor resultado foi obtido no Neossolo fulvico na dose 250 kg/ha de P_2O_5 . O menor teor de P acumulado pelas plantas de melão foi obtido no solo quatzarênico, na dose 300 kg/ha de P_2O_5 .

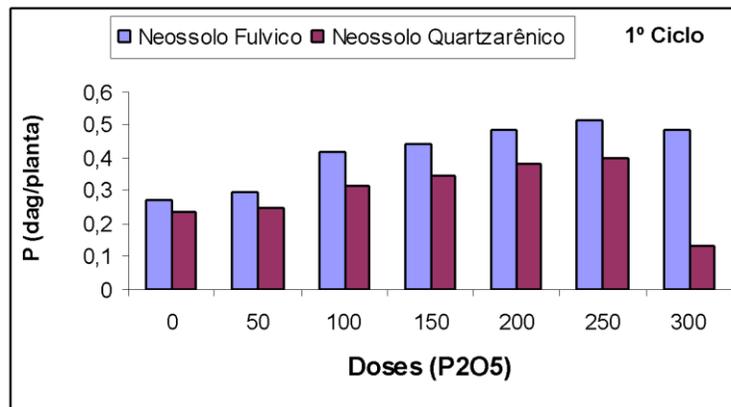


Figura 12. Teor de Fósforo da parte aérea de Melão (dag/planta) no primeiro Ciclo.

Já no 2º ciclo o biofertilizante na dose 250 kg/ha de P₂O₅ apresentou o maior acúmulo de P na planta, mostrando efeito residual (Figura 13).

Stamford *et al.* (2004) Encontraram efeito positivo para aplicação de (Biofertilizante) rocha fosfatada com enxofre inoculada com *Acidithiobacillus* no teor de P total em plantas de jacatupé (*Pachyrhizus erosus*) comparados com a aplicação de fertilizantes solúveis (superfosfato triplo).

Moura et 2006 também encontrou efeito positivo no acúmulo de P em melão quando usou biofertilizante com P no nível mais elevado 200 kg/ha. Resultados semelhantes foram obtidos por Stamford et al. (2004a, 2004b e 2005) comparando biofertilizantes fosfatados com fertilizantes convencionais e rocha fosfatada natural, em jacatupé, caupi e sabiá, respectivamente. Lima (2005) verificou efeito positivo de biofertilizantes com P, comparados com o fertilizante solúvel (Superfosfato Triplo) e com rochas fosfatadas, na cultura da cana-de-açúcar, em solo de tabuleiro de Pernambuco com baixo P. Lombardi (1981) observou efeito do fosfato Alvorada com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* na acumulação de P total e no desenvolvimento do capim-colonião, e verificou que as bactérias nativas do solo promoveram atuação tão efetiva quanto os tratamentos testados. O maior valor para P total acumulado na parte aérea (ramas e folhas) foi 0,5 g planta⁻¹. Valores esses inferiores aos encontrados por Belfort (1985) que encontrou valor médio de 0,6 g de P planta⁻¹, no final do ciclo da cultura do melão.

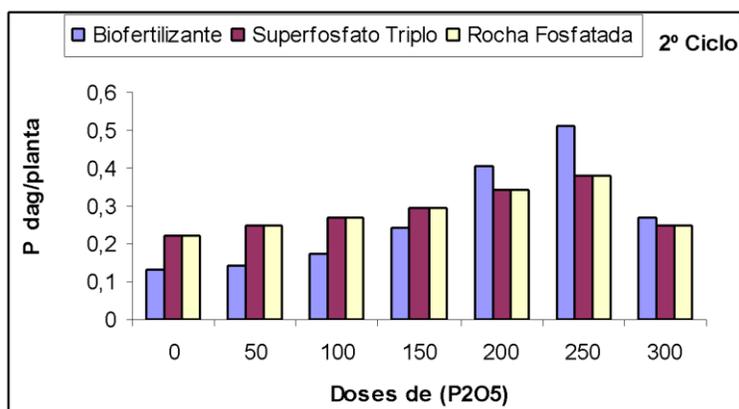


Figura 13. Teor de Fósforo da parte aérea de Melão (dag/planta) no segundo Ciclo.

CONCLUSÕES

A adição do biofertilizante promoveu um aumento considerável na disponibilidade de Ca e P dos solos utilizados;

A Quantidade de P disponível no Neossolo Fulvico foi maior que no Neossolo Quartzarênico.

A dose 250 kg/ha de P₂O₅ na forma de biofertilizante disponibilizou mais P no Neossolo Quartzarênico.

Os extratores Mehlich 1 e Mehlich 3 superestimaram os resultados em relação a disponibilidade de P nos solos estudados.

A dose 250 kg/ha de P₂O₅ proporcionou maior produção de biomassa seca, maior acúmulo de Ca, Mg, K, e P da parte aérea do melão.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.55, p.3-48, 1996.
- ARAÚJO, J.P. **Cultura do melão**. Petrolina:CPTSA, EMBRAPA,1980 p.40
- AYERS, R. S. WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO 1976. 95p.(FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).
- BALLESTERO, S. D.; JORGE, J. A.; NICOLINO, C. A. C.; FILLIETTAZ, E. V. V. ; ONO, R. K. **Efeito da compostagem na solubilização de rochas fosfatadas e potássicas**. Biociência, Taubaté, v. 2, n. 1, p.15-22, 1996

- BERNARDI, J.B. **Instruções práticas:** A cultura do meloeiro. Boletim Informativo Instituto Agrônômico de Campinas, n.73,p.73-90,1974
- BRANDÃO FILHO,J.UT.; VASCONCELOS,M.A.S. **A cultura do meloeiro:** Cultivo de hortaliças em ambiente protegido. São Paulo: UNESP, 1998,cap.6,p.161-193
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura.** Brasília: Secretaria de Fiscalização Agropecuária. 1983. 86p.
- CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; AMORIM, A. P. **Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1898 a dezembro de 1986).** Mossoró: ESAM/FGD, 1987. v. 341, 325p. (Coleção Mossoroense).
- CAVALCANTI, F. J. de A. ; SANTOS, J.C. P. dos; PEREIRA, J. R. ; LEITE, J. P. ; SILVA, M. C. L. da ; FREIRE, F. J. ; SILVA, J.D.; SOUSA, A.R. de ; MESSIAS, A.S. ; FARIA, C.M.B. de ; BURGOS, N. ; LIMA JÚNIOR, M. A.; GOMES, R.V. ; CAVALCANTI, A. C. ; LIMA, J.F.W.F. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação.** Recife, IPA, 1998. 198p. ilustr.
- COEX – **Comitê Executivo de Fitossanidade do Rio Grande do Norte.** Disponível em: www.coex.gov.br. Acessado em 24 de junho 2010.
- COSTA, C.P. ; PINTO, C.AB.P. **Melhoramento de hortaliças, ESALQ:**Piracicaba,1997 p. 164-178
- EECAC – Estação de cana de açúcar de Carpina. **Programa de melhoramento genético da cana de açúcar.** 1998, 21p. (Boletim Informativo).
- EIRA, A. F. **Solubilização microbiana de Fosfatos.** In: CARDOSO, E. J. B. N. ; TSAI, S. M. ; NEVES, M. C. P. Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. cap. 22, p. 243-255.
- EMBRAPA.**O Cultivo do melão.** X Curso Internacional de Produção de Hortaliças. Brasília - DF, setembro de 2004
- FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations** – Disponível em: www.fao.org. Acesso de 16 a 24 agosto 2010.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura:** Cultura e comercialização de hortaliças, 2. ed, SP. Agrônômica Ceres,1981,v2, 229-233
- GARCIA JÚNIOR., O. **O enxofre e suas transformações microbianas.** In: Cardoso, E.; Saito, M. T.; Neves, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas: SBCS, 1992. p.243-255.
- GARCIA JÚNIOR, O. **Isolation and characterization of Thiobacillus thiooxidans and Thiobacillus ferrooxidans from mineral mines.** Rev. Bras. Microbiol. v.1, p.1-6, 1991.
- GOEDERT, W. J. & SOUSA, D. M. G. **Avaliação preliminar de fosfatos com acidulação parcial.** Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, v. 10, n. 1, p. 75-80. 1986.

HE, Z.L.; BALIGAR, V.C.; MARTENS, D.C.; RITCHEY, K.D.; KEMPER, W.D. **Factors affecting phosphate rock dissolution in acid soil amended with liming materials and cellulose.** Soil Sci. Soc. Amer. J., Madison, v.60, p.1596-1601, 1996.

IBGE – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Sistema IBGE de recuperação automática** – SIDRA, 2003 – Disponível em [http:// www. Sidra.Ibge.gov.br](http://www.Sidra.Ibge.gov.br) – acesso em 29 /08/ 2003.

JORGE, J. A. – **Solo Manejo e Adubação.** São Paulo. Ed. Univ. São Paulo, 1969.

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. p. 511 – 516. 2000.

Kiehl, E.J. **Fertilizantes organominerais.** Piracicaba: snt, 1999.146p.

KORNDÖFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **O papel do silício na produção de cana de açúcar.** Revista STAB. Vol. 21, Nº 2 - Novembro / Dezembro 2002.

LANDELL, M. G. A. **Cultura da cana-de-açúcar - tecnologia para o pequeno produtor,**2001.

LEHR, J. R. **Phosphate raw materials and fertilizers:** In: KHASAWNEH, F. C.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E. J. (eds). The role of phosphorus in agriculture. Amer. Soc. Agron. Inc. Madison, Cap. 4. p. 81-120.1998.

LOGONATHAN, P., HEDLEY, M.J. and BRETHERTO, M.R. (1994) **The agronomic value of co-granulated Christmas Island Grade C phosphate rock and elemental sulphur.** Fertility Research, **39**, 229–237.

LOMBARDI, M.L.C.O. **Dissolução de três fosfatos naturais através da atividade microbiológica do enxofre.** Piracicaba, 1981. 62p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

LUCCHESI, A.A. **Processos fisiológicos da cultura da cana de açúcar (Saccharum spp.) Piracicaba:** PCLQ / USP , 1995 (ESALQ/CENA, Boletim Técnico, n. 7)

MACHADO, E.C. **Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. Cana-de-açúcar:** Cultivo e utilização. Campinas, Fundação Cargill, v.I 1987.431p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicação. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

Moura, Patrícia Maia de. **Uso de biofertilizantes de rochas com enxofre e inoculado com Acidithiobacillus em Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão.** Recife,2006. Dissertação apresentada a Ufrpe para obtenção to título de Mestre.



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

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

REIS JR., R.A. & MONNERAT, P.H. **Establishment of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for nutritional diagnosis of sugarcane**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. v.38, n. 2003.

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

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

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

SOUSA, V. F. De; **Frequência de aplicação de N e P via água de irrigação por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L. Cv. El dourado 300) em solos de textura arenosa**. Botucatu, 1993. p.131. Dissertação(Mestrado)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista”Júlio de Mesquita Filho”.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E.F.; A.S.;FOLEGATTI, M.V.; FRIZZONE,J.A. **Frequência de aplicação de N e P via água de irrigação por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L. Cv. El dourado 300) em solos de textura arenosa**. *Avances en el Manejo del Suelo y Agua en la Ingeniaria Rural Latinoamericana*. La Plata,1998.p.195-200,1998

SOUSA, V.F.; RODRÍGUEZ, B.R.N.; ATAIDE SOBRINO, C. et al. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no meio norte do Brasil**. *Teresina: EMBRAPA:Meio Norte*,1999 a. 68 p. (EMBRAPA:Meio Norte, Circular Técnica,21)

STAMFORD, N. P.; MOURA, A.M.M.F.; SANTOS, K.S., SANTOS, P. R. **Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de Rocha Fosfatada em solo de tabuleiro cultivado com jacatupé (*Pachyrhizus erosus*)**. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.28, p.75-83, 2004a.

SILVA,E.F.F.; MAGALHAES, F.F.. **Cultivo do meloeiro para o Norte de Minas Gerais**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças,2000.22p (Circular Técnica,20)

STAMFORD, N. P.; SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, W.P.J.; DIAS, S.H.L. **Biofertilizante de rocha com *Acidithiobacillus* em solo de tabuleiro cultivado com caupi**. *Rev. Anal.*, São Paulo, v.3, p.48-52, 2004b.

STAMFORD, N. P.; SANTOS, K. S. ROCHA; SANTOS, P. R.; SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, W.P.J.; DIAS, S.H.L. **Atuação de Biofertilizantes com Rocha Fosfatada e Acidithiobacillus em solo de tabuleiro com baixo P disponível.** Scientia Agrícola, São Paulo, v.60, n.4, p. 767-773. 2003a.

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

ÚNICA – **União das indústrias Canavieiras de São Paulo.** Disponível em < [http:// www. Única.com.br/pages/agroindústria-cana.alta.asp](http://www.Única.com.br/pages/agroindústria-cana.alta.asp). Acesso em 28/08/2003.

Van STRAATEM, P. **Rocks for crops: agrominerals of Sub-Saharan Africa.** Nairobi, ICRAF, 2002. 388p.

Data de submissão: 09/03/2023. Data de aceite: 10/03/2023. Data de publicação: 11/03/2023.