

ROCHAGEM COMO FORMA ALTERNATIVA DE SUPLEMENTAÇÃO DE POTÁSSIO NA AGRICULTURA AGROECOLÓGICA

Geovana Poton Arcobeli Cola

Bióloga, Pós-graduanda em Agroecologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo
– Campus Alegre. E-mail: geovanacola@hotmail.com

João Batista Pavesi Simão

Eng. Agr. D. Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Professor D5-3– Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Ifes. Caixa Postal: 47. CEP: 29.500-000. Alegre –ES. Email: jbpavesi@ifes.edu.br

RESUMO - A agricultura atual se baseia no uso intensivo de insumos industrializados, devido a sua resposta rápida, mas que traz consequências danosas ao ambiente. Devido a sua alta solubilização, comprometem os cursos d'água, por serem facilmente lixiviados. A técnica de rochagem (utilização do pó de rocha como fertilizante), além de ser uma prática agrícola há muito utilizada, pode contribuir para uma alternativa ao fornecimento de nutrientes como o potássio, por exemplo. O pó de rocha utilizado apresenta uma lenta solubilização, tendo que passar por processos físicos, químicos e biológicos para que se solubilizem e disponibilizem nutrientes às plantas. Tais processos ainda estão sob estudos, mas devido à grande variabilidade das rochas, e de rejeitos, é pertinente a investigação para cada tipo de rocha. Alguns trabalhos já mostram que materiais de granulometria fina, quando inoculados com bactérias do gênero *Acidithiobacillus*, sofrem processos químicos e proporcionam uma maior liberação dos nutrientes. O objetivo deste trabalho é investigar o uso da rochagem no Brasil, com ênfase nos processos de solubilização de potássio.

Palavras-chaves: agroecologia, pó de rocha, solubilização de potássio, *Acidithiobacillus*

STONEMEL AS ALTERNATIVE FOR OF POTASSIUM SUPPLEMENTATION IN AGRICULTURE AGROECOLOGICAL

ABSTRACT - The present model of agriculture is based on intensive use of industrial inputs, due to its rapid response, but it brings harmful consequences to the environment. Due to its high solubility, undertake the watercourses, which are easily leached. The technique of stonemeal (use of rock dust as a fertilizer), besides being an agricultural practice is widely used, can contribute to an alternative supply of nutrients such as potassium, for example. The rock powder used has a slow solubilization, having to go through physical, chemical and biological agents to become soluble and deliver nutrients to plants. Such processes are still under study, but due to the large variability of the rock, and tailings, it is pertinent research for each rock type. Some studies have shown that fine-grained materials, when inoculated with bacteria of the genus *Acidithiobacillus*, undergo chemical processes and provide a greater release of nutrients. The objective of this study is to investigate the use of stonemeal in Brazil, with emphasis on the processes of solubilization of potassium.

Keywords: agroecology, stonemeal, solubilization of potassium, *Acidithiobacillus*

INTRODUÇÃO

A busca por sistemas agrícolas autossustentáveis, com baixo uso de insumos externos, diversificados e eficientes em termos energéticos, representa grande preocupação dos pesquisadores, agricultores e formuladores de políticas agrícolas em todo o mundo.

O desenvolvimento e a aplicação de um manejo sustentável dos solos agrícolas implicam no uso de técnicas diversas, com redução na dependência de fertilizantes minerais e no incremento do uso de fontes naturais de nutrientes, como as rochas fosfatadas e potássicas, a fixação biológica de nitrogênio e a utilização de adubos orgânicos, em combinação com a reciclagem de resíduos (FAO, 1995; OLIVARES, 2009).

A agricultura sustentável geralmente refere-se a um modo de fazer agricultura que busca assegurar produtividades sustentadas em longo prazo, através do uso de práticas de manejo ecologicamente seguras (PRETTY, 1982).

Um tema atual importante que vem sendo discutido nesse contexto é a agroecologia, por fornece os princípios ecológicos básicos para o estudo e tratamento de ecossistemas tanto produtivos quanto preservadores dos recursos naturais, e que sejam culturalmente sensíveis, socialmente justos e economicamente viáveis (ALTIERI, 1987).

Essa agricultura tem como objetivo manutenção da produtividade agrícola com o mínimo possível de impactos ambientais e com retornos econômico-financeiros adequados, atendendo às necessidades sociais das populações rurais.

Dada a enorme geodiversidade que ocorre no Brasil, a tecnologia da aplicação de pó de rocha (rochagem) configura-se como uma excelente alternativa ao fornecimento de nutrientes no agroecossistema. O uso de diferentes tipos de rochas moídas pode contribuir para se alcançar padrões de fertilidade compatíveis com as necessidades e ainda facilitar mecanismos de desenvolvimento regional, dentro de padrões mais sustentáveis (THEODORO, 2000).

Apesar de ser uma prática antiga, sobretudo em processos de calagem e a fosfatagem natural, a rochagem está tendo um interesse nos últimos anos. A valorização recente da utilização de rochas na agricultura está ligada à busca de alternativas às fontes de nutrientes importados pelo Brasil, visto que o país se tornou um dos maiores importadores mundiais de fertilizantes.

Segundo Daher (2008), o Brasil importa cerca de 70% dos fertilizantes de que necessita. Em termos de potássio, o país produz apenas cerca 12% das suas necessidades, a partir da industrialização de materiais advindos de carnalita e silvinita.

As rochas potássicas brutas, contendo minerais como biotitas, micas, micaxistos e feldspatos, entre outros minerais, após os processos de moagem e peneiramento,

apesar de sua reduzida eficiência agrônômica, em função do baixo teor de potássio solúvel (BALLESTERO et al., 1996), podem ser utilizadas desde que se empreguem processos físicos, químicos ou biológicos, para que essas fontes minerais se modifiquem e, assim, disponibilizem os nutrientes no solo.

O objetivo deste trabalho é investigar o estado de arte da rochagem no Brasil, com ênfase nos processos de solubilização de potássio.

ROCHAGEM: PRINCÍPIOS E PROCESSOS

O aproveitamento das rochas, como fontes restituidoras de nutrientes para as plantas, recuperadora e renovadora do solo, pode configurar uma tecnologia alternativa capaz de auxiliar na redução do uso de produtos químicos, especialmente aqueles incorporados em formas altamente solúveis, como é o caso dos adubos em formulações N-P-K (PINHEIRO; BARRETO, 1996; THEODORO, 2000).

Segundo Leonardos et al. (1976), a rochagem parte do princípio de diversificação de fontes de nutrientes, criando novas opções de suprimento, como a incorporação de rochas e/ou minerais ao solo, podendo ser considerada como um tipo de remineralização, onde o pó de rocha é utilizado para rejuvenescer solos pobres ou lixiviados, fundamentando-se, basicamente, na busca do equilíbrio da fertilidade, na conservação dos recursos naturais e na produtividade sustentável.

A tecnologia da rochagem foi primeiramente divulgada e sugerida no Brasil na década de 1950, pelos pesquisadores Josué Guimarães e Vladimir Ilchenko, no estado de Minas Gerais.

Posterior à divulgação e a sugestão de tal técnica inovadora e de caráter sustentável, o professor e pesquisador Othon Leonardos, da Universidade de Brasília (UnB), partiu para diversas pesquisas relacionadas ao tema, sendo hoje considerado um grande precursor da rochagem no Brasil e referência para diversos trabalhos ligados a esse tema. Suas pesquisas têm como objetivo testar diferentes tipos de rochas brasileiras, incorporando aos aspectos geoquímicos e agrônômicos um viés mais social e ambiental à pesquisa (LINS et al., 2009).

Mais recentemente, a utilização de pó de rocha vem sendo pesquisada quanto ao seu potencial no suprimento de potássio, em várias regiões do Brasil (MELAMED, GASPAR & MIEKELEY, 2007), uma vez que os solos brasileiros, em geral, apresentam carência de potássio.

Essa deficiência se deve a questões relativas à rocha de origem dos solos e também porque a forma solúvel, além de ser removida pelas culturas, é lixiviável no perfil do solo. Outra razão é a baixa capacidade de troca catiônica (CTC) desses solos, que apresentam argilominerais do tipo 1 : 1, que implica em baixa

capacidade de armazenamento de potássio, ao contrário do que se verifica em solos cuja mineralogia é rica em minerais do tipo 2 : 1.

Muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de substituir totalmente ou parcialmente os fertilizantes potássicos, principalmente devido ao alto custo desse insumo.

Experimentos realizados no Sri Lanka com mica, flogopita e feldspato potássico, em culturas de chá e arroz, mostraram que a aplicação das rochas promoveu aumentos de cerca de 10% na produção em duas safras seguidas, quando comparada à fertilização convencional (WEERASURIYA; THILAKARATHNA; COORAY, 1996).

Contudo Escosteguy e Klant (1998), após estudos com pó de basalto, afirmam que resultados positivos em nível de campo são alcançados ao se elevarem as doses do pó de rocha em quantidades que permitam níveis aceitáveis de nutrientes disponíveis.

Wang et al. (2000), em um experimento com a cultura do arroz realizado no norte da China, relacionaram o crescimento de algumas plantas com a oferta de potássio proveniente de minerais do gnaiss, concluindo que a presença de potássio influenciou no crescimento da cultura de arroz e que o crescimento das plantas se mostrava mais expressivo nas porções onde a fração fina (granulometria do material) era dominante.

De acordo com Osterroht (2003), trabalhos realizados com rochas como fontes de nutrientes podem apresentar resultados pouco consistentes, sobretudo quando os estudos são conduzidos em vasos, em solo estéril ou com baixa atividade biológica, com pequenas quantidades de substrato ou realizados por um curto período, em condições de clima temperado. Por outro lado, bons resultados ocorrem se as condições são contrárias, ou seja, clima tropical, experimentos de longa duração, solos com alta atividade biológica e material finamente moído.

O pó de rocha pode ser facilmente encontrado ou obtido em certas regiões do país. Na região de Lages e Anitápolis, Santa Catarina, por exemplo, há várias rochas alcalinas contendo fonolitos, olivina, melilita e carbonatitos, ricas em potássio nas estruturas cristalinas (SCHEIBE, 1986; COMIN-CHIARAMONTI et al., 2002). Entretanto, devido aos baixos teores solúveis desse nutriente, esses materiais tem sido pouco utilizados como fertilizante para as plantas.

De acordo com Harley e Gilkes (2000), a maior desvantagem da rochagem em relação ao uso de fertilizantes industrializados reside na dificuldade de liberação dos nutrientes que, geralmente, estão temporariamente indisponíveis para os vegetais. Para ser recomendável em larga escala, o pó de rocha deve sofrer ação de agentes que elevem a solubilidade de nutrientes, como será visto adiante.

O POTÁSSIO NO SOLO

O potássio é um elemento essencial aos processos metabólicos nas plantas, pois exerce fundamental papel na regulação osmótica, na fotossíntese, no balanço de cátions-ânions, na relação hídrica nas plantas, no movimento dos estômatos, no alongamento celular, na estabilização do pH do citoplasma, na ativação enzimática para um grande número de enzimas, na síntese de proteínas e no transporte de açúcares no floema (ANDRADE et al., 2000; FURLANI, 2004).

As plantas requerem potássio em altas quantidades. Por esta razão, ele é considerado um dos três principais nutrientes vegetais e sua deficiência acarreta na diminuição do crescimento das plantas e as tornam sujeitas às doenças, à quebra de talos e à suscetibilidade a outras condições de estresse (RAIJ, 1990).

O suprimento natural de potássio não é suficiente para sustentar altas produções e a deficiência desse nutriente reduz significativamente as colheitas. Por esta razão, sua suplementação em adubações é importante (MIELNICZUK, 1978).

No solo o potássio é encontrado como componente estrutural de minerais, como biotitas, micas, feldspatos entre outros, que se encontram aprisionados temporariamente entre camadas de argila, como K-trocável retido eletrostaticamente pelos colóides do solo carregados negativamente e, em uma pequena quantidade, como K-solúvel na solução do solo (RAIJ, 1990).

O K-trocável e o K-solução representam a reserva imediata de potássio no solo. Quando essas formas chegam a valores baixos, os minerais primários iniciam a liberação de potássio para a solução. Em vista disso, os minerais são recursos importantes e de grande interesse na substituição da fertilização potássica, particularmente os feldspatos, que constituem a principal reserva de potássio do solo (MIELNICZUK, 1978).

A microbiota tem papel especial na disponibilidade de potássio, particularmente em solos pobres, podendo competir com as plantas pelo nutriente. Essa imobilização é temporária, pois com a morte dos microrganismos, o potássio é liberado das células por mineralização. A microbiota também pode contribuir na liberação de potássio pela decomposição de minerais silicatados (HUNGRIA; URQUIAGA, 1992).

A ROCHAGEM E SUA CAPACIDADE DE FORNECER POTÁSSIO SOLÚVEL AO SOLO

Muitos processos para a solubilização de K estão sendo estudados, tanto processos físicos, químicos e biológicos. O sucesso de um método ou um conjunto de métodos na solubilização de potássio a partir de fragmentos rochosos pode significar uma redução da dependência da aquisição internacional de fontes potássicas e também diminuição dos custos das safras.

Processos físicos

Segundo Resende et al. (2006), estudos em casa de vegetação utilizando as rochas brecha alcalina, biotita xisto e ultramáfica alcalina como fontes de K para a soja e o milho em sucessão evidenciaram que a aplicação desses materiais, apenas moídos, contribuiu de forma significativa para o fornecimento de potássio às plantas já no primeiro cultivo, em Latossolo argiloso de Cerrado, permanecendo ainda considerável efeito residual do nutriente para o cultivo subsequente.

Considerando os efeitos de curto prazo (um ou dois cultivos em condições de casa de vegetação), essas rochas têm apresentado pelo menos 50% de eficiência agrônômica, em relação à fonte solúvel (KCl) (MACHADO et al., 2005; RESENDE et al., 2006).

Assim sendo, tais rochas moídas poderiam ser empregadas como fontes de liberação gradual de nutrientes, o que é uma característica desejável quando se considera o efeito fertilizante mais duradouro e o menor risco de perdas, comparativamente aos adubos de alta solubilidade.

O fator granulométrico vem sendo avaliado tanto em termos de eficiência no processamento industrial, quanto da influência no desempenho agrônômico das fontes. Os materiais mais finos (tamanho de argila e silte, ou seja, respectivamente, menores que 0,002 mm e entre 0,002 e 0,05 mm, disponibilizam mais facilmente seus principais elementos, podendo, em função do intemperismo ou da abrasão, se transformar mais rapidamente em argilo-minerais (THEODORO et al. 2006). Esse caso é especialmente importante nos rejeitos que contêm feldspatos, piroxênios, olivinas, flogopitas e apatitas.

Por outro lado, os materiais com granulometria mais grosseira podem estender, por um período mais longo, o tempo e a oferta de nutrientes. Nesse caso, as práticas de manejo e a irrigação, comuns na agricultura, favorecem a quebra da estrutura dos minerais, tornando possível, ao longo do tempo, a oferta de diferentes macro e micronutrientes.

Processos químicos

Os principais processos químicos envolvidos na solubilização dos minerais são o intemperismo químico natural e a utilização de soluções ácidas.

O intemperismo químico destaca-se pela ação da água da chuva, que atua nos minerais das rochas e os decompõem, dando origem a novos minerais e a solutos que migram pelas fraturas do solo.

No processo de intemperismo, grandes e importantes modificações são realizadas. Há reações químicas transformadoras de minerais, às vezes com lixiviação de elementos importantes, que são

transportados e que podem reagir com outros, formando novos compostos (BARRETO, 1998).

As principais reações de intemperismo químico são: a) hidratação, que consiste na atração entre os dipolos das moléculas de água e as cargas elétricas não neutralizadas da superfície dos grãos – absorção de H₂O na estrutura do mineral, formando um novo mineral; b) dissolução, que consiste na solubilização completa (congruente) ou incompleta (incongruente) do mineral; c) hidrólise, por exemplo, onde os silicatos de Al ou Fe, que são convertidos em argilomineral ou hidróxido de ferro ou alumínio, acompanhado pela perda de cátions e pela incorporação de H⁺ das soluções lixiviantes; d) oxidação, onde ocorre o processo de transferência de elétrons, onde o íon receptor de elétrons é reduzido e o que doa o elétron é oxidado; e e) acidólise que é a influência dos ácidos orgânicos, que promovem a redução do pH da água possibilitando a solubilização dos minerais presentes no solo (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009).

Segundo Silva Filho e Vidor (2001), com a adição de pó de rocha ao solo, a água, através do intemperismo químico, irá agir sobre o material pétreo, decompondo-o lentamente, podendo liberar, de forma gradual, os elementos químicos para as plantas.

O tipo de rocha, a composição mineralógica, o relevo e a vida microbiana, exercem grande influência na estabilidade das rochas. O clima é o grande agente que aproveita das “fraquezas” da rocha para exercer sua ação (SILVA FILHO; VIDOR 2001).

O intemperismo das rochas pode ser superficial, ou mesmo alcançar grandes profundidades. Na superfície, a rocha que sofre o intemperismo, pode estar totalmente intemperizada, os minerais desagregados e muitos deles decompostos.

Segundo Milagres et al. (2007), diversos procedimentos analíticos utilizam soluções extratoras ácidas multielementares, visando aumentar a exatidão analítica, diminuir os limites de detecção e determinar concomitantemente vários elementos.

Existem diversas soluções extratoras que servem para determinar a eficiência relativa das fontes de potássio, que na verdade é uma forma de monitoramento do teor de potássio liberado no solo que será absorvido pela planta.

No trabalho realizado por Resende et al. (2006), os extratores Mehlich 1, Acetato de Amônio (a pH 0,7), Bray 1 e Resina de troca iônica foram utilizados para medir os teores de K liberados ao solo por rochas caracterizadas como brecha, biotita e ultramáfica. Outros extratores para o elemento potássio, como digestão com ácido fluorídrico (HF) e a combinação de ácidos fortes como água régia também são citados na literatura com a intenção de determinar a eficiência relativa das fontes de potássio.

Neste trabalho, procura-se abordar mais detalhadamente os processos naturais de solubilização do

potássio a partir de rochas e, por isso, não são dispendidos esforços para descrever detalhadamente métodos de extração ácida, nem tampouco calibração desses métodos.

Processos biológicos

O solo é um sistema dinâmico onde fatores de natureza física, química e biológica interagem continuamente. As transformações microbianas, assim como as diferentes reações químicas do solo, podem ser alteradas de acordo com os tipos de manejos adotados (COFFLER, 2007).

Segundo Garcia Júnior (1991), uma alternativa para aumento da disponibilidade de nutrientes de rochas é a solubilização biológica. Alguns trabalhos apontam a necessidade de se usar bactérias específicas na solubilização de rochas, sem o que a solubilização pode ser lenta e com resultados variáveis (LOMBARDI et al., 1981). Por outro lado, verifica-se a eficiência na solubilização quando da adição de bactérias eficazes e em concentração ideal do inóculo (STAMFORD et al., 2006). Segundo Kelly e Wood (2000), as bactérias mais importantes que realizam a oxidação do enxofre pertencem ao gênero *Thiobacillus*, recentemente incluídas no novo gênero *Acidithiobacillus*.

As bactérias oxidantes do enxofre são de grande importância na reciclagem de elementos no solo, e algumas espécies são de grande relevância em processos biotecnológicos, sendo utilizados na solubilização de metais de interesse econômico, como o cobre, a prata, o ouro e o urânio, em escala industrial (GARCIA JÚNIOR, 1992), além do mais as bactérias desse gênero ocorrem naturalmente nos solos agrícolas.

Oliveira et al. (2010) testaram a solubilidade de apatita de Gafsa (35% de P_2O_5 total) em solo, onde se adicionaram enxofre elementar em três doses (100, 150 e 200 g/kg^{-1} de rocha) e três doses de inoculante de *Acidithiobacillus thiooxidans* (400, 600, 800 mL) para a cultura de alface em condições controladas. O experimento foi realizado com o objetivo de produção de biofertilizante a partir de diferentes proporções da rocha e de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus thiooxidans*. Foram determinados, entre outros, o pH e o fósforo disponíveis em tempos de amostragem diferentes (10, 20 e 30 dias). O extrator de P disponível foi Mehlich-I, de acordo com a metodologia descrita por Embrapa (1997).

Os resultados do pH obtidos nos diferentes tratamentos com doses de enxofre e inoculação com *Acidithiobacillus thiooxidans* apontaram sensível redução no pH do biofertilizante com o aumento da dose de enxofre e do inoculante a partir dos 20 dias após a inoculação. Esse fato mostra que a produção de ácido sulfúrico aumenta com o aumento da quantidade de S elementar adicionado e também do volume de inóculo.

De acordo com He et al. (1996), a redução no pH é o fator mais importante para o aumento da

disponibilidade de elementos contidos em minerais. No mesmo trabalho, verificou-se aumento na disponibilidade de fósforo a partir da rocha à medida que ocorreu elevação do pH.

Diversos microrganismos conseguem solubilizar o nutriente potássio através da decomposição de minerais silicados. Hungria e Urquiaga (1992) relatam em sua revisão de literatura o crescimento de bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus* e *Penicillium* em meio de cultura deficiente em potássio, ao qual se adicionou uma rocha. Os mesmos autores relatam que o potássio pode ser liberado de minerais como biotita, muscovita, ortoclássio, entre outros.

A liberação do potássio desses minerais ocorre principalmente pela ação de ácidos orgânicos e inorgânicos produzidos pela atividade biológica (HARLEY; GILKES, 2000) que agem pela liberação de H^+ ou como complexantes. Por outro lado, a própria remoção do K-solúvel pela absorção microbiana favorece a liberação do potássio dos minerais, aumentando o gradiente de concentração durante a reação de hidrólise dos minerais (ALEXANDER, 1980; HARLEY; GILKES, 2000). As bactérias do gênero *Acidithiobacillus* também são capazes de co-solubilizar potássio em material rochoso (GARCIA JÚNIOR, 1991; STAMFORD et al., 2008).

Lima et al. (2007) obtiveram resultados positivos com a inoculação das plantas com a bactéria *Acidithiobacillus* sp. juntamente com rochas potássicas (biotita xisto) e enxofre, em mistura com vermicomposto. Como resultado de seus trabalhos, observaram maior crescimento e rendimento da cultura de alface, comparando-se com fertilizantes minerais solúveis.

Moura (2006) verificou o potencial do uso de biofertilizantes produzidos a partir das rochas apatita e biotita na cultura do melão (cv. AF-682). Também nesse caso, adicionaram-se enxofre e *Acidithiobacillus* sp. para solubilizar nutrientes. O resultado final foi comparado com fertilizantes minerais convencionais em Argissolo do Vale do São Francisco, Pernambuco.

Dois tipos de biofertilizantes - um fosfatado (BP) e outro potássico (BK) - foram adicionados em doses correspondentes a 0,5, 1 e 2 vezes a dose de fertilizantes convencionais (superfosfato triplo como fonte de fósforo e cloreto de potássio, como fonte de potássio). Os tratamentos consistiram de: (a) controle, sem adição de insumos; (b) adição de fertilizantes convencionais de acordo com recomendação; e (c) três níveis de mistura das rochas fosfatadas e potássicas com enxofre e inóculo bacteriano. As rochas utilizadas na produção dos biofertilizantes foram: apatita de Irecê, Bahia, com 24% de P_2O_5 total e biotita xisto de Santa Luzia, Paraíba, com 8-10% de K_2O total. As rochas foram moídas e aplicadas nos níveis correspondentes ao dobro da dose recomendada

para a cultura de melão conforme sugestões do IPA (1998).

Para o cultivo da bactéria foi utilizado o meio 9 K (SILVERMAN e LUDGREN, 1959) e a adição de *Acidithiobacillus* foi realizada da seguinte forma: para cada camada com 1000 kg de rocha (fosfatada ou potássica), em mistura homogênea com enxofre (100 kg), adicionou-se a cultura de *Acidithiobacillus* diluída em água filtrada, na proporção de 1,5 L para cada 10 L de água, usando-se um pulverizador com capacidade para 12 litros. Antes da colocação do material em camadas, o canteiro foi revestido com lona plástica e recoberto com o mesmo material após o preparo da última camada (4000 kg de rocha: 400 kg de enxofre) com a finalidade de evitar acúmulo de água de precipitações.

Diariamente o material era irrigado para manutenção da umidade próxima da capacidade de campo, durante o período de incubação de 60 dias. Após esse período, verificou-se, por meio de análises químicas, que o material estava estabilizado, ou seja, o pH encontrava-se constante, sendo tal critério, segundo a autora, utilizado para definir o processo final da incubação (MOURA, 2006).

Após 60 dias de incubação, o material foi analisado com relação ao teor total de P e K, teor de P solúvel em citrato de amônio, teor de P extraído por Mehlich I e teor de P e K extraídos em água (EMBRAPA, 1999). Como resultado do trabalho, percebeu-se que tanto o fertilizante convencional, como os biofertilizantes com mistura de rochas não diferem na produtividade de frutos de melão e no peso médio de frutos, exceto para o tratamento controle.

Assim, concluiu-se que a rochagem desenvolvida a partir daquelas rochas, com metodologia descrita, atinge resultados equivalentes à adição de fertilizantes comerciais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos princípios básicos da agricultura agroecológica consiste na substituição de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade por outros insumos que apresentem taxas de liberação de nutrientes mais ajustadas à demanda das culturas ao longo do tempo e que preferencialmente se encontrem próximos das regiões de cultivo, reduzindo assim custos com transporte e aumentando a sustentabilidade da produção agrícola.

De modo geral, as vantagens da utilização dos resíduos de rochas consistem na correção do pH, o fornecimento de nutrientes e seu efeito residual prolongado. Por outro lado, entre suas mais sérias restrições está a lenta intemperização e, portanto, a pequena liberação gradual dos nutrientes às plantas.

Tendo em vista que as rochas que vêm sendo testadas como alternativas à reposição de nutrientes nos solos cultivados são de composição complexa, de

granulometria diversa e que sua utilização repercute de forma diferenciada em função das características do meio onde são aplicadas (solo, plantas, organismos presentes), existem vários desafios a serem superados pela pesquisa.

A rochagem se apresenta no cenário agrícola como uma tecnologia que carece de pesquisa constante, de forma a atender às demandas dos agricultores, para que possam ter produções compatíveis com suas necessidades e para atender ao mercado.

Sendo assim, a agroecologia aposta nessa alternativa e tem razões para acreditar na multiplicação de resultados positivos.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. **Introducción a la Microbiología del suelo**. México: AGT, p. 491. 1980.

ALTIERI, M.A. *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Boulder: Westview Press, 1987.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M. da; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ, V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. de. **Produtividade e Valor Nutritivo do Capim-Elefante cv. Napier sob Doses Crescentes de Nitrogênio e Potássio**. Rev. Brasileira de zootecnia, v. 6, n. 29, p. 1589-1595, 2000.

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.
BARRETO, S. B. **A farinha de rochas MB-4 e o solo** – 1998. Disponível em: <http://www.campestreterramistica.com.br/arq/Livro_farina.pdf>. Acessado em 18 de maio. 2011.

COFFLER, R. **Rochas Potássicas Moídas na Produção de Mudanças de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morang Inoculadas com Microrganismo solubilizador de Potássio**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Engenheiro Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Seropédica – RJ. 2007.

COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C. B.; MARQUES, L. S.; CENSI, P.; RUBERTI, E.; ANTONINI, P. **Carbonatites from southeastern Brazil: Sr-Nd-Pb systematics**. Short Papers - IV South American Symposium on Isotope Geology, p. 520-523. 2002.

DAHER, E. **Uma crise de demanda**. DBO *Agrotecnologia*, abril/maio, p. 27, 2008.

- EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1 ed. Brasília: Comunicação para transferência de tecnologia. p. 370. 1999.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa em Solos – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, 1997.
- FAO. **World agriculture: towards**, by N. Alexandratos, ed. New York. USA. John Wiley & Sons. 1995.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 452. 2004.
- GARCIA JÚNIOR, O. **Isolation and characterization of *Thiobacillus thiooxidans* and *Thiobacillus ferrooxidans* from mineral mines**. Rev. Bras. Microbiol. 20, p. 1-6. 1991.
- GARCIA JÚNIOR., O. **O enxofre e suas transformações microbianas**. In: CARDOSO, E.; SAITO, M. T.; NEVES, M. C. P. Microbiologia do solo. Campinas: SBCS, p. 243-255. 1992.
- HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.56, p. 11-36. 2000.
- HUNGRIA, M.; URQUIAGA, S. Transformações microbianas de outros elementos (potássio, micronutrientes e metais pesados). In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI,S.M. e NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo**. Campinas – SP, cap. 23, p. 329-340. 1992.
- IPA. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2. ed. Recife; 1998.
- KAMPF, N. CURI, N. MARQUES, J. J. **Química e mineralogia do solo, part I: Cap. V - Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. Viçosa:** Rev. Brasileira de Ciências do Solo. p. 333-379. 2009.
- 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.** International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. p. 511-516. 2000.
- LEONARDOS, O. H., FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. **Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos**. Anais 29 Congr. Brasil. Geol., Belo Horizonte, p. 137-145. 1976.
- LIMA, R. C. M.; STAMFORD, N. P.; ROSÁLIA, C. E. de; SANTOS, S.; DIAS, S. H. L. D. **Rendimento da alfaca e atributos químicos de um Latossolo em função da aplicação de biofertilizantes de rochas com fósforo e potássio**. Horticultura. Brasileira, v.25, n.2, p. 224-229. Abr./jun. 2007.
- LINS, F. F.; THEODORO, S.H.; MARTINS, E. de S.; GUERRA, E. A. (2009) Apresentação. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 1, 2010, Planaltina – DF. Apresentação: **Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem**. Embrapa Cerrados, p. 302. 2010.
- LOMBARDI, M. L. C. O.; LOPES, E. S.; CARDOSO, E. J. B. N.; 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. Resumos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 38. 1981.
- MACHADO, C.T.T.; RESENDE, A.V.; MARTINS, E.S.; SOBRINHO, D.A.S.; NASCIMENTO, M.T.; FALEIRO, A.S.G.; LINHARES, N.W.; SOUZA, A.L. & CORAZZA, E.J. (2005) **Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas**. Anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. Recife, *Anais*. Recife: UFRPE/SBCS.
- MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIEKELEY, N. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. 2007. Parte de tese (Doutorado). Series estudos e documentos. SED-72, CETEM/MCT.
- MIELNICZUK, J. **O Potássio no Solo**. Instituto da Potassa-Fosfato (EUA) e Instituto da Potassa (Suíça). Piracicaba – SP, 1978.
- MILAGRES, J. J. M.; ALVAREZ V., V. H.; NEVES, J. C. L.; CANTARUTTI, R. B.; BORGES Jr., M. **Determinação de Fe, Zn, Cu e Mn extraídos do solo por diferentes extratores e dosados por espectrofotometria de emissão ótica em plasma induzido e espectrofotometria de absorção atômica**. R. Bras. Ci. Solo, v.31, p. 237- 245. 2007.
- MOURA, P. M. de. **Uso de biofertilizantes de rochas com enxofre e inoculado com *Acidithiobacillus* em argissolo acinentado do vale do São Francisco cultivado com melão**. Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006. 71p. Dissertação Mestrado.
- OLIVARES, F. **Bactérias promotoras de crescimento vegetal**. Boletim Informativo da SBCS, jan–abr, 2009.

- OLIVEIRA, W. J. de.; STAMFORD, N. P.; ANDRADE, M. M. de.; JUNIOR, S. da S.; SOARES, H. R.; BARBOSA, D. de A. **Produção de Biofertilizante Produzido com Diferentes Níveis de Rocha Fosfatada e de Enxofre inoculado com *Acidithiobacillus***. In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas, XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo (FertBio), 2010, Guarapari. **Anais...** FertBio, 2010 (CD-ROM).
- OSTERROHT, M. Rochagem: Pra quê? In: **Rochagem-I: adubação com rochas silicatadas moídas**. Revista Agroecologia Hoje, ano IV, n. 20, ago/set, 2003.
- PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **"MB-4": agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes**. 5. ed. corr. [s.l.]: Fundação Juquira Candiru, p. 273. 1996.
- PRETTY, K.M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: T. YAMADA, K. IGUE, O. MUZILLI, N.R. USHERWOOD. (Eds.) **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), p.177-194. 1982.
- RAIJ, B. **Potássio: Necessidade e Uso na Agricultura moderna**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. POTAFOS. Piracicaba- SP, 1990.
- RESENDE, A. V. de; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. de S.; SENA, M. C. de.; NASCIMENTO, M. T. do.; SILVA, L. de C. R.; LINHARES, N. W. **Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais**. Rev. Espaço & Geografia, V. 9, n. 1, p. 135-161. 2006.
- SCHEIBE, L. F. **Geologia e petrologia do maciço alcalino de Lages, SC, Brasil**. São Paulo. Instituto de Geociências, USP, 1986. p. 224. Tese Doutorado.
- SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. **Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 12, 1495-1508 p.2001.
- SILVERMAN, M.P., LUNDGREN, D. G. **Studies on the chemoautotrophic iron bacterium *Ferrobacillus ferrooxidans*. I. Na improved medium and a harvesting procedure for securing high cell yields**. Bacteriol., n.77, p. 642-647. 1959.
- STAMFORD, N. P.; LIMA, R. A. ; SANTOS, C. E. R. S.; DIAS, S. H. L. **Biofertilizers with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and nutrients uptake in a tableland soil**. *Geomicrobiology*. n. 23, p. 261-265. 2006.
- STAMFORD, N.P.; LIMA, R.A.; LIRA, M.A. & SANTOS, C.E.R.S. **Effectiveness of phosphate and potash rocks with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and their effects in soil chemical attributes**. World J. Microbiol. Biotechnol. p. 2061-2066. 2008.
- THEODORO, S. C. H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. Brasília: UNB, 2000. p. 225. Tese Doutorado. 2000.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O.; ROCHA, E. L.; REGO, K. G. **Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes**. Rev. Espaço & Geografia, V.9, n. 2, p. 263-292. 2006.
- THEODORO, V. C. de A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; MOURÃO JUNIOR, M. **Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros**. Acta Scientiarum: Agronomy Maringá, v. 25, n. 1, p. 147-153. 2003.
- WANG, J.G., ZHANG, F. S., ZHANG, X. L.; CAO, Y. P. **Release of potassium from K-bearing minerals: Effect of plant roots under P deficiency**. In: HINSINGER, P. (edit.) Nutrient cycling in agroecosystems. Kluwer Academic Publishers. p. 45-52. 2000.
- WEERASURIYA, T. J.; THILAKARATHNA P. K.; COORAY, P. I. **Evaluation of phlogopite mica and K-feldspar as slow-release multinutrient fertilizers**. In:___The dynamic geosphere, Ed. Gupta & Kerrich. p. 237. 1996.

Recebido em 07 02 2012

Aceito em 30 03 2012