**AÇÃO DA POPULAÇÃO MICROBIANA NATURAL DE UM
REGOSSOLO DO ESTADO DE SÃO PAULO, INFLUENCIADA
PELA ADIÇÃO DE UMA FONTE DE MATÉRIA ORGÂNICA,
SOBRE UM FOSFATO NATURAL**

ENEIDA DE ASSUMPÇÃO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: DR. PAULO DE CAMPOS TORRES DE CARVALHO

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura «Luiz de
Queiroz», da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Microbiologia Agrícola.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio, 1981

Porque Eu, o Senhor teu
Deus, te tomo pela tua
mão direita, e te digo:
Não temas, que Eu te
ajudo. (*Isaias 41:13*)

A G R A D E C I M E N T O S

O presente trabalho somente pode se tornar realidade, com a colaboração de algumas pessoas e instituições, dentre as quais se destacaram:

- O Dr. PAULO DE CAMPOS TORRES DE CARVALHO, pela orientação no decorrer do Curso e no desenvolvimento e redação deste trabalho.

- O Dr. HIROSHI KIMATI, pelo apoio e amizade.

- O Dr. FRANCISCO KRUG, pelo auxílio no decorrer da pesquisa.

- MEUS PAIS e MEUS IRMÃOS, sem o amor e a compreensão de quem não me teria sido possível chegar até aqui.

- Meus amigos MARIA MARLY SILVA SANTOS e WALTER F. BECKER, pelo estímulo nos momentos de desânimo.

- Os funcionários do Departamento de Fitopatologia da ESALQ, nas pessoas de LÁZARO APARECIDO ESTOQUE e JOÃO ROBERTO FERNANDES e ainda dos Srs. DEOVALDO ANTONIO PACHANE e PEDRO DA SILVA, pelo auxílio precioso.

- WANDA DE ASSUMÇÃO, pela elaboração do SUMMARY.

- A FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro através de uma bolsa de estudos.

- O CNPq - Conselho Nacional de Pesquisas, pela concessão de uma bolsa de estudos.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Importância do fósforo para os microrganismos e vegetais .	4
3.2. Transformações do fósforo no solo	5
3.2.1. Importância dos microrganismos nessas transforma- ções	5
3.2.2. Mecanismos de transformação do fósforo no solo	7
3.3. Aplicação direta de fosfatos de rocha ao solo	8
3.4. Influência da adição de matéria orgânica ao solo	9
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. Incubação de solo	13
4.1.1. Incubação em condições de laboratório	13
4.1.2. Incubação em condições de casa de vegetação	14
4.2. Determinação de pH	15
4.3. Determinação de fósforo disponível	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1. Variação do pH	16
5.2. Extração do fósforo disponível	18

	Página
5.2.1. Incubação em condições de laboratório	18
5.2.2. Incubação em condições de casa de vegetação	21
6. CONCLUSÕES	31
7. SUMMARY	32
8. LITERATURA CITADA	33

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Composição dos diversos fertilizantes utilizados nos diferen <u>tes</u> tratamentos	12
2. Fósforo solúvel em água destilada, referente à incubação em condições de laboratório	20
3. Fósforo disponível, extraído pelo bicarbonato de sódio 0,5 M pH 8,5, referente à incubação em condições de casa de vegeta <u>ção</u>	22
4. Análise foliar das plantas coletadas	27

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Variação do pH do solo no decorrer da incubação em condições de laboratório	17
2. Variação do pH do solo no decorrer da incubação em condições de casa de vegetação	19
3. Fósforo disponível extraído do solo pelo extrator de Olsen .	23
4. Peso seco das plantas, evidenciando as diferenças estatísticas entre os tratamentos	25
5. Quantidade de fósforo na planta, evidenciando as diferenças estatísticas entre os tratamentos	26
6. Ilustração dos tratamentos testemunha(S) e solo mais torta de algodão (MO)	29
7. Ilustração dos tratamentos nos quais se adicionou ao solo o superfosfato triplo (ST), ou a apatita Patos de Minas (PM).	30

1. RESUMO

A existência de microrganismos capazes de transformar o fósforo, através de suas atividades metabólicas, e o grande número de trabalhos "in vitro", não permitem avaliar as possibilidades reais do processo no complexo biológico do solo.

Visando elucidar um pouco mais dessas transformações, no presente trabalho foram adicionados ao solo dois resíduos orgânicos com o intuito de se verificar o comportamento de ambos frente à liberação de formas utilizáveis de fósforo, a partir de um fosfato natural insolúvel.

Esses resíduos foram o Ajifer e a torta de algodão, os quais afetaram de maneira diferente o pH do solo. Contudo, tanto com o desenvolvimento de acidez, quanto com a tendência à alcalinidade, ocorreu um aumento nas quantidades de fósforo disponível em consequência da atividade microbiana.

Para a quantificação desse fósforo, foram utilizados dois extratores químicos (a água destilada e o NaHCO_3 0,5 M pH 8,5), que foram comparados com a resposta do painço (*Panicum miliaceum* L.) à adição de fertilizantes fosfatados, não tendo sido encontrada uma correlação entre os extratores químicos e a cultura.

2. INTRODUÇÃO

O fósforo é um elemento indispensável à agricultura devido a sua reconhecida importância na nutrição das plantas e produção vegetal. Dessa forma, muitos estudos têm sido dirigidos às suas reações no solo, sua disponibilidade e sua assimilação pelas plantas superiores.

Como consequência dessa essencialidade, aliada à elevada fixação desse elemento em alguns solos tropicais, o consumo de fosfatos solúveis, bem como sua importação, têm sido cada vez maiores no Brasil, apesar da descoberta de rochas fosfáticas que lhe podem propiciar autonomia em fertilizantes fosfatados.

Embora a existência, no solo, de microrganismos capazes de transformar os fosfatos através de suas atividades metabólicas, tenha motivado várias pesquisas visando um melhor aproveitamento dos fosfatos naturais insolúveis, a simples presença deles e o grande número de trabalhos "in vitro", ou em condições muito simplificadas, não permitem, apesar de seu valor científico, avaliar as possibilidades reais do processo no complexo biológico do solo.

RAMOS e CALLAO (1965), estudando a quantidade de fósforo liberada por certos microrganismos, consideraram baixa a possibilidade de aplicação prática dos resultados obtidos "in vitro", embora tenham demonstrado o valor potencial da solubilização de fosfatos naturais no solo.

Essa aplicação prática dos resultados "in vitro" encontra obstáculos pois, o ambiente químico produzido pelos microrganismos, em meios artificiais, não é uma reprodução daquele do solo, ou quando isso acontece, ocorre interferência de certos constituintes do solo nos processos de solubilização dos fosfatos. Além disso, os organismos utilizados nesses trabalhos, geralmente, se encontram em culturas puras, não sendo levados em conta os fenômenos antagônicos, normalmente existentes, entre os microrganismos do solo (BROMFIELD, 1960).

Dessa forma, PAUL e SUNDARA-RAO (1971), entre outros, sugeriram a obtenção de medidas de atividade da população microbiana como um todo, fazendo-se inoculações com o próprio solo, uma vez que o isolamento de um organismo em cultura pura e seu crescimento sobre um meio artificial apresentam os inconvenientes anteriormente descritos e, subcultivos prolongados podem causar a perda rápida e irreversível da habilidade solubilizadora de muitos microrganismos.

Embora vários autores, entre os quais RAMOS et alii (1968), tenham se dedicado ao estudo dos mecanismos bioquímicos responsáveis pelo processo de solubilização de fosfatos naturais, quase não se encontra, na literatura brasileira, trabalhos semelhantes para os solos do Brasil, apesar dessas pesquisas poderem abrir novos horizontes no campo da adubação fosfatada com a utilização de reservas de apatitas e fosforitas, atualmente pouco empregadas na agricultura brasileira.

O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos de dois resíduos orgânicos nas transformações de fosfatos solúveis e insolúveis por microrganismos do solo, bem como o confronto entre métodos indicadores da disponibilidade de fósforo no solo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Importância do fósforo para os microrganismos e vegetais

O fósforo é encontrado no solo, plantas e microrganismos na forma de compostos orgânicos e inorgânicos. Agronomicamente, esse elemento pode ser incorporado ao solo como fertilizante químico, ou resíduos animais, ou vegetais, que não agem apenas diretamente sobre as plantas, mas principalmente através de sua influência sobre a população microbiana (ALEXANDER, 1967; TARDIEUX-ROCHE et alii, 1967).

Dessa forma, o estudo desse elemento apresenta interesse especial, pois, embora a maioria das culturas não absorva mais do que 20 a 30 kg de P_2O_5 por ha, sabe-se que é necessário colocar à disposição das raízes, de 3 a 4 vezes a quantidade exigida, a fim de garantir seu desenvolvimento e produção. À medida em que o fósforo vai se solubilizando, ele passa para a solução do solo, tornando-se assimilável pelos vegetais e, à proporção que as raízes o absorvem, ocorre nova dissolução de formas menos disponíveis, vindo a equilibrar a parte do elemento retirada da fase líquida. A intensidade dessa renovação do fósforo na solução edáfica é o que determina, realmente, a disponibilidade do nutriente para as plantas (JORGE, 1972b).

Segundo THOMAS e PASLEE (1973) e KHASAWNEH et alii (1974), a mobilidade limitada que os fertilizantes solúveis comuns exibem, em

multos solos, é devido à tendência desses fertilizantes a reagir com certos cátions derivados de minerais, pelos quais são fixados.

A análise química dos solos revela uma porcentagem média de fósforo total, da ordem de 0,1%. Tal quantidade é muito maior do que a exigida por qualquer cultura. No Brasil, ao que parece, é o nutriente que com maior frequência limita a produção. Isso porque apenas uma parte muito pequena desse elemento encontrado no solo, se acha em estado disponível para os vegetais (MALAVOLTA, 1974). Assim, no dinamismo do sistema fertilizante-solo-planta, segundo FASSBENDER (1975), a solubilização direta dos fertilizantes aplicados, dos fosfatos naturais inorgânicos e a mineralização direta dos fosfatos orgânicos, são os processos que conduzem ao aparecimento de íons fosfato na solução do solo, de onde as plantas os retiram.

3.2. Transformações do fósforo no solo

Como o fósforo é um elemento de primeira importância para os microrganismos e para os vegetais, ele é objeto de permanente interesse para um grande número de pesquisadores. Dessa forma, o estudo de sua dinâmica no solo, incluindo uma série de reações e transformações, dá margem a numerosas interpretações que demonstram ser extremamente complexas (MERZARI et alii, 1963).

De acordo com BUCKMAN e BRADY (1968), o solo mineral possui uma grande disponibilidade de energia na forma orgânica e abriga uma população muito variável de organismos vivos. Essa vida do solo desempenha um papel tão importante nas modificações que ocorrem constantemente, que nenhuma discussão sobre solo estará completa sem levá-la em consideração.

3.2.1. Importância dos microrganismos nessas transformações

Visando obter informações a respeito da ação dos microrganismos sobre a absorção do fósforo pelos vegetais, GERRETSEN (1948) e

BARBER (1966), cultivaram várias espécies vegetais sob condições estéreis e inoculadas, às quais adicionaram fosfatos insolúveis, ou dificilmente solúveis. O fato de que a quantidade de fosfato assimilada pelas plantas, assim como o peso da matéria seca, aumentaram marcadamente com a inoculação, prova que os microrganismos tornaram utilizável certa quantidade de fósforo, anteriormente inacessível.

Para MERZARI et alii (1963), não há dúvida alguma sobre o fato da nutrição fosfatada principal se realizar a partir de ortofosfatos minerais e mesmo sobre o fato de se reconhecer que as raízes são capazes de absorver diretamente o fósforo orgânico em suas formas de fitina, ou de inositol fosfato. No entanto, eles afirmam que em condições naturais do solo, os microrganismos constituem os principais agentes de defosforilação dos compostos orgânicos, liberando ânions utilizáveis pelos vegetais.

As formas heterotróficas de bactérias, fungos e actinomicetos, podem decompor esses compostos orgânicos de fósforo, dos restos animais e vegetais, reciclando-os pela liberação de nutrientes ao solo, sob forma de sais inorgânicos e em parte, imobilizando-os em seus protoplasmas (HAWKER et alii, 1964).

Como a porção do fósforo do solo que se encontra em formas orgânicas é considerável, tem sido dado maior ênfase a microrganismos que possam degradar esses compostos e liberar esse elemento em formas inorgânicas que poderão ser utilizadas na nutrição vegetal (GREAVES e WEBLEY, 1965).

Segundo ALEXANDER (1967), apesar dos compostos insolúveis de fósforo serem totalmente inúteis às plantas, aparentemente a liberação de fosfatos para a solução do solo, pela ação microbiana, não é rara, de que de um décimo à metade dos isolados bacterianos por ele citados, foram capazes de solubilizar fosfatos cálcicos. Essas bactérias crescem em meio com materiais insolúveis de fósforo, como única fonte de fosfatos.

Têm sido encontradas diferenças parciais com respeito a certos gêneros de fungos solubilizadores. Isso é explicado por RAMOS et alii (1968), que admitem serem tais microrganismos específicos de determinados solos, nos quais se encontram de maneira natural, mas não abundante. Essa

especificidade não foi notada por EIRA e CARVALHO (1970a), em solos brasileiros.

O fósforo presente na solução do solo, em formas assimiláveis, além de ser retirado pelas plantas, poderá ser imobilizado pela população microbiana. Com a morte desses microrganismos, porém, ocorre nova liberação desse elemento para o solo sob forma de íons fosfato disponíveis (BAREA, 1969).

Levando-se em consideração que o fósforo dos compostos orgânicos não é facilmente utilizável pela ação direta dos vegetais, a conhecida participação dos microrganismos na reação reversível do fósforo orgânico para fósforo assimilável, e vice-versa, torna-se um fenômeno fundamental para o aproveitamento agrícola de tais substratos fosforados (BAREA et alii, 1970b).

Dessa forma, segundo BAREA et alii (1970a), a mineralização de fosfatos orgânicos e sua possível relação com a agricultura, têm motivado numerosas investigações pois, de acordo com ALEXANDER (1967), dentre as várias transformações do fósforo no solo, processadas pelos microrganismos, as reações de mineralização e de imobilização, são particularmente importantes para o ciclo desse elemento na natureza.

3.2.2. Mecanismos de transformação do fósforo no solo

Desde o princípio deste século, quando se demonstrou pela primeira vez a habilidade de vários microrganismos, para solubilizar fosfatos (Sackett et alii, 1908; citado por RAMOS e CALLAO, 1965), ou mineralizá-los (Stoklasa, 1908; citado por BAREA et alii, 1970b), têm sido muitos os trabalhos realizados para se estudar os mecanismos de ação dos microrganismos do solo com tais características, sendo o principal objetivo concretizar sua participação na nutrição vegetal.

Vários autores, entre eles BRADDLEY e SIELING (1953); JONSTON e MILLER (1959); HSU e JACKSON (1960); MYŠKŮW (1960); SUNDARA-RAO e SINHA (1963); HAWKER et alii (1964); ALEXANDER (1967); SOMANI e SAXENA (1970); PAUL e SUNDARA-RAO (1971) e MOGHIMI et alii (1978), afirmaram es

tar a solubilização do fósforo relacionada aos ácidos orgânicos e inorgânicos produzidos pelo metabolismo microbiano, por alguns desses ácidos orgânicos presentes em exsudatos de raízes e, ainda, pelo ácido carbônico. MADAN (1974), comparando a solubilização com medidas de pH do meio, constatou que os resultados obtidos confirmaram a observação de outros pesquisadores, de que esse desenvolvimento de acidez, nem sempre estava relacionado com o aumento da quantidade de fosfato no meio.

Além da influência desses ácidos sobre o pH, existem ainda autores, tais como BRADDLEY e SIELING (1953); MARCHESINI et alii (1966) e MICHOUSTINE (1972), que relacionaram a solubilização com a capacidade que certos ácidos orgânicos têm, de formar moléculas complexas estáveis, ou íons, com determinados metais capazes de causar precipitação desse elemento. Por essa razão, em um mesmo valor de pH, os diversos ácidos solubilizam diferentes quantidades de P_2O_5 .

Outro mecanismo de solubilização levantado por MYŠKŮW(1960); GREAVES e WEBLEY (1965); BAREA et alii (1970b); COSGROVE (1970) e IRVING e COSGROVE (1972); é aquele no qual o agente solubilizador é uma enzima produzida por microrganismos do solo. Para eles a produção de ácidos, com consequente queda de pH, ocorre por necessidade de funcionamento de uma determinada enzima. Esses autores aceitam ainda, um mecanismo misto que seria indireto, pela intervenção dos ácidos, e direto, pela ação solubilizadora enzimática.

3.3. Aplicação direta de fosfatos de rocha ao solo

Como as reservas de fosfatos insolúveis no solo se tornam indisponíveis às plantas superiores, a menos que eles se convertam em formas solúveis, vários autores (DAS, 1963; RAMOS et alii, 1968; EIRA e CARVALHO, 1970a) têm enfatizado a capacidade de certos microrganismos de solubilizar esses fosfatos, tornando-os disponíveis às raízes dos vegetais.

TAHA et alii (1969) aplicaram fosfato tricálcico ao solo como fonte de fósforo insolúvel e observaram que a população microbiana do

solo apresentou um importante papel na suplementação e crescimento da planta e do seu teor de fósforo, ocorrendo o contrário com solos não estéreis.

O preço do P_2O_5 de fosfatos de rocha é de cerca de 30 a 50% menor do que o de outros fertilizantes fosfatados solúveis em água. Estudos feitos em solos ácidos, com uma rocha fosfática indiana, mostraram que ela foi tão eficiente quanto outros fertilizantes fosfatados solúveis em água. Com isso, torna-se óbvia a economia do uso dessa rocha em tais solos (AWASTHI *et alii*, 1977). Mas, essa aplicação direta de rochas fosfáticas ao solo, é uma prática que tem tido vários graus de aceitação através dos anos. Numerosos experimentos têm sido conduzidos para determinar as melhores condições de solo e de cultivo para o seu uso. No entanto, de acordo com relatos do "FAO Annual Fertiliser Review" de 1975, a aplicação direta de fosfatos de rocha foi de apenas 5% do consumo mundial total. De cerca de 1,2 milhões de toneladas de P_2O_5 aplicadas como fosfato natural, 73% foram consumidas na URSS e cerca de 20% em vários países em desenvolvimento, principalmente na América Latina e África (KHASAWNEH e DOLL, 1978).

3.4. Influência da adição de matéria orgânica ao solo

Para BRAY e KURTZ (1945), as formas orgânicas de fósforo são de importância para a fertilidade do solo, porque são uma fonte de fósforo disponível. Os fosfatos, assim como os nitratos, são produzidos durante a decomposição da matéria orgânica. Após liberação, as reações do solo, mais cedo ou mais tarde, tornam-nos uma parte das formas adsorvidas e/ou precipitadas e eles podem, assim, contrabalançar o efeito de remoção pelas culturas.

Existe uma certa regularidade na absorção biológica e na mineralização do fósforo na matéria orgânica em decomposição. A assimilação desse elemento é influenciada pela natureza da fonte de carbono, isto é, pela rapidez com que o composto pode ser consumido pela população microbiana normal do solo. Para propósitos práticos, diz-se que a decom-

posição da matéria orgânica exige 0,1 a 0,4% de fósforo por unidade de matéria orgânica seca decomposta (KAILA, 1949).

Estudando alguns fatores que afetam a taxa de liberação de fósforo, a partir de resíduos vegetais adicionados ao solo, FULLER et alii (1956) concluíram que a influência desses fatores, sobre a utilização desse elemento por várias culturas teste, é menos pronunciada em solos bem supridos em fósforo utilizável, do que naqueles pobres nesse elemento.

Segundo BUCKMAN e BRADY (1968) e JORGE (1972a), a matéria orgânica no solo é uma das principais fontes de fósforo, de enxofre e de nitrogênio. Mediante seus efeitos nas condições físicas do solo, ela ajuda a aumentar a quantidade de água que fica disponível para o crescimento vegetal; é ainda a principal fonte de energia para os microrganismos, sem a qual a atividade bioquímica redundaria, praticamente, numa paralização.

BAREA et alii (1970a) observaram um aumento de quase 300% na população microbiana total de um solo cultivado, quando comparada àquela de um solo não cultivado. Esse estímulo, causado pelo cultivo, foi registrado também na porcentagem de mineralizadores de fósforo em relação à população total. Dessa forma, algumas culturas, após a colheita, são incorporadas ao solo onde seus fosfatos orgânicos serão mineralizados (FASSBENDER, 1975).

Na literatura são encontrados alguns estudos sobre os fatores que influenciam a solubilização biológica de fosfatos naturais por microrganismos heterotróficos do solo. EIRA e CARVALHO (1969) estudaram a influência da relação C/N na solubilização da Apatita de Araxá pela microflora do solo, verificando que, na ausência de microrganismos e/ou matéria orgânica, não houve solubilização e que relações C/N mais largas foram mais eficientes do que as estreitas. Em outros relatos, mostraram a influência do tipo de matéria orgânica como fator de solubilização de fosfatos naturais no solo (EIRA e CARVALHO, 1971), bem como a influência da decomposição de algumas fontes de matéria orgânica na evolução do pH de um solo do Grande Grupo LVA, fase arenosa (EIRA e CARVALHO, 1970b). PA REEK e GAUR (1973) e CARVALHO et alii (1977) observaram que a aplicação de

matéria orgânica, favoreceu a solubilização biológica de um fosfato natural, diminuindo sua fixação pelo Fe e Al.

BETTIOL e CARVALHO (1979) estudaram o Ajifer (que é um resíduo de fermentação glutâmica), como fonte de matéria orgânica e nitrogênio proteico, associado a um fosfato natural na fertilização de pastagens, tendo observado que o melhor tratamento foi a associação de matéria orgânica com o fosfato natural.

4. MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foi utilizado um Regossolo da série Ribeirão Claro, localizado na região Oeste do Município de Piracicaba - Estado de São Paulo, na vertente esquerda do Ribeirão do Pinga, Fazenda Casa Blanca.

Os fertilizantes utilizados para os vários tratamentos estão apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1: Composição dos diversos fertilizantes utilizados nos diferentes tratamentos

FERTILIZANTES	N%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	S%	Kg/ton		MO%	pH
					Ca	Mg		
Ajifer (*)	2,3	0,2	1,2	-	3	4	20	6,0
Torta de Algodão (**)	6,5	2,5	1,7	-	-	-	-	-
Superfosfato Triplo-ST(**)	-	46	-	2	14	-	-	-
Apatita Patos de Minas-PM (***)	-	28	-	-	-	-	-	-

(-) Análises não fornecidas

(*) Dados fornecidos por BETTIOL e CARVALHO (1979)

(**) Dados fornecidos por MALAVOLTA (1974)

(***) Dado fornecido por P.C.T. de Carvalho

4.1. Incubação de Solo

Para se medir a atuação da população microbiana natural do solo, nas transformações dos fosfatos adicionados a esse solo, foram feitas duas incubações, sendo, uma em laboratório, e outra em casa de vegetação, sempre de acordo com os seguintes tratamentos:

- S = Solo natural (testemunha)
- ST = Solo + Superfosfato triplo (na proporção de 0.36% de P_2O_5 em relação à Terra Fina Seca ao Ar-TFSA).*
- PM = Solo + Apatita Patos de Minas (na proporção de 0.36% de P_2O_5 em relação à TFSA).
- MO = Solo + Matéria Orgânica (na proporção de 3% em relação à TFSA).*
- ST + MO = Solo + Superfosfato Triplo + Matéria Orgânica (nas proporções anteriores).
- PM + MO = Solo + Apatita Patos de Minas + Matéria Orgânica (nas proporções anteriores).
- (*) = Informações fornecidas por P.C.T. de Carvalho.

4.1.1. Incubação em condições de laboratório

Para essa incubação, o solo coletado foi seco ao ar, peneirado e distribuído em vasos na quantidade de 1800 g por vaso.

Após a adição dos fertilizantes, de acordo com os tratamentos citados, e homogeneização da mistura, cada vaso recebeu água na proporção de cerca de 60% de sua capacidade de campo (WAKSMAN, 1963), e uma tampa de polietileno, a qual foi fixada com elástico, visando diminuir a perda de água.

A matéria orgânica utilizada, nessa incubação, foi o Ajifer, que é um resíduo líquido da fermentação glutâmica de melaço, desmineralizado e enriquecido com nutrientes, proveniente da fabricação de AJINOMOTO.

Essa incubação teve por finalidade medir a ação da população microbiana natural do solo, não sendo, portanto, inoculado nenhum

outro microrganismo em cultura pura.

Os vasos foram, então, incubados à temperatura ambiente durante 63 dias.

No decorrer da incubação, a água perdida foi determinada por diferença de peso e restituída com o auxílio de uma seringa, através do polietileno.

Aos 7, 21, 28, 49, 56 e 63 dias de incubação, de cada vaso foi coletada uma amostra composta, correspondente a quatro amostras simples de $12,5 \text{ cm}^3$, a qual foi seca ao ar, peneirada e avaliada quanto ao pH e ao fósforo disponível.

4.1.2. Incubação em condições de casa de vegetação

Também para esta incubação, o solo coletado foi seco ao ar, peneirado e distribuído, em vasos, na quantidade de 3000 g, os quais foram então divididos em dois grupos iguais, cada um deles tendo recebido os mesmos tratamentos anteriormente citados, apenas que a matéria orgânica utilizada agora foi a torta de algodão. Desses dois grupos, um permaneceu em condições naturais, enquanto que ao outro adicionou-se, após uma pré-incubação de uma semana, 30 sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.) por vaso. Após a germinação, procedeu-se a um desbaste, deixando-se apenas 14 plântulas por vaso.

Os vasos, dos dois grupos, foram distribuídos em casa de vegetação (segundo um delineamento experimental em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições), onde permaneceram incubados até o 30º dia após o desbaste, quando as plantas foram coletadas, fotografadas frente a uma escala e tiveram, então, determinado o peso de sua matéria seca.

As plantas secas foram enviadas ao Departamento de Química da ESALQ-USP, para análise foliar.

Aos 7, 14, 21 e 30 dias de incubação, dos vasos do grupo 1, foram coletadas amostras de solo com o auxílio de um pequeno trado metálico. Para essa amostragem foram retiradas quatro amostras simples de

12,5 cm³, as quais foram reunidas em uma amostra composta, que foi avaliada quanto ao pH e ao fósforo disponível.

A variação da temperatura na casa de vegetação foi de uma máxima média de 36,5°C a uma mínima média de 18,5°C.

4.2. Determinação de pH

O pH dos solos de cada tratamento foi determinado com o intuito de relacioná-lo com a quantidade de fósforo liberada pelos microrganismos.

Para essa determinação, após cada coleta de solo, de cada amostra seca ao ar e peneirada, foram pesadas 10 g, às quais se adicionou 25 ml de água destilada. Após homogeneização da suspensão, os frascos permaneceram em repouso por duas horas, quando foi feita a leitura.

4.3. Determinação de fósforo disponível

Para essa quantificação, na incubação em condições de laboratório, uma amostra de cada vaso, equivalente a 5 g de solo seco ao ar e peneirado, recebeu 100 ml de um extrator (que no presente experimento foi a água destilada) e agitação por 30 minutos. Após a agitação, as suspensões foram filtradas e, de cada filtrado, tomou-se 40 ml, os quais foram analisados quanto ao seu conteúdo em fósforo, segundo metodologia citada por CATANI et alii (1955).

Na incubação em casa de vegetação, uma amostra de cada vaso, correspondente a 5 g de solo, seco ao ar e peneirado, recebeu 100 ml do extrator de Olsen, que é uma solução de bicarbonato de sódio 0,5 M com o pH ajustado para 8,5. Após agitação de 30 minutos, as suspensões foram filtradas e 10 ml, de cada filtrado, foram analisados quanto ao fósforo disponível, presente na solução, de acordo com JACKSON (1970).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variação do pH

A maioria dos relatos sobre solubilização de fosfatos em culturas líquidas e em solos, sugere que o desenvolvimento de acidez, decorrente da produção microbiana de ácidos orgânicos, entre os quais estão os hidroxicarboxílicos tais como o lático e o 2-cetogluconico, é o responsável por essa solubilização (JOHNSTON e MILLER, 1959; BROMFIELD, 1960 ; MYŠKŮV, 1960; BAJPAI e SUNDARA-RAO, 1969; EIRA e CARVALHO, 1969, 1970b e 1971).

No entanto, os resultados obtidos no presente trabalho concordam com alguns pesquisadores, entre os quais SUNDARA-RAO e SINHA(1963), os quais não observaram correlação entre os graus de solubilização e a variação do pH do solo.

Pela Figura 1, pode-se notar a variação do pH do solo, no decorrer do ensaio em condições de laboratório, quando se adicionou o Aji-fer como fonte de matéria orgânica. Esse resíduo causou um abaixamento no pH, nos três tratamentos aos quais ele foi adicionado, o que pode ser explicado pelo fato de serem ácidos, os produtos finais de degradação microbiana desse tipo de matéria orgânica.

Com a adição das duas fontes de fósforo, provavelmente em consequência da presença do cálcio, ocorreu uma elevação do pH do solo em

Figura 1: Variação do pH do solo no decorrer da incubação em condições de laboratório. Dados médios de 4 repetições.

relação à testemunha.

Pela análise da Figura 2, pode-se observar que quando a matéria orgânica adicionada ao solo foi a torta de algodão, ocorreu um deslocamento das curvas para uma posição superior àquela da testemunha. Isso foi devido, provavelmente, aos produtos finais de decomposição microbiana desse resíduo, diferiram daqueles do Ajifer. Esses resultados também foram observados por EIRA e CARVALHO (1970b e 1971), que constatarem evoluções inversas do pH com a incorporação da glucose (acidificação) e da torta de algodão (alcalinização). Considerando-se o possível teor de açúcares prontamente assimiláveis, que poderiam estar presentes no Ajifer (uma vez que ele é um resíduo da fermentação do melaço), os resultados obtidos no presente trabalho vêm reforçar os anteriormente obtidos por esses autores.

5.2. Extração do fósforo disponível

5.2.1. Incubação em condições de laboratório

Sabe-se, com base em experimentos anteriores e na literatura (GERRETSEN, 1948; BRADDLEY e SIELING, 1953; JOHNSTON e MILLER, 1959; HSU e JACKSON, 1960; MYŠKŮW, 1960; SUNDARA-RAO e SINHA, 1963; HAWKER et alii, 1964; GREAVES e WEBLEY, 1965; BARBER, 1966; RAMOS-CORMENZANA et alii, 1966; MARCHESINI et alii, 1966; ALEXANDER, 1967; SOMANI e SAXENA, 1970; COSGROVE, 1970; EIRA e CARVALHO, 1970a e 1970b; PAUL e SUNDARA-RAO, 1971; IRVING e COSGROVE, 1972; MADAN, 1974 e outros) que a adição de um fosfato natural insolúvel ao solo, pode resultar em fósforo solúvel em água e em outras formas de fósforo disponível utilizáveis pelas plantas.

Contudo, os resultados da extração feita pela água destilada, apresentados no Quadro 2, mostram que, nas condições deste experimento, ela extraiu fósforo apenas dos tratamentos aos quais se adicionou um fosfato solúvel.

Nem mesmo a produção de ácidos metabólicos microbianos (a

Figura 2: Variação do pH do solo no decorrer da incubação em condições de casa de vegetação. Dados médios de 4 repetições.

partir da matéria orgânica adicionada), os quais provocaram um abaixamento no pH do solo (Figura 1), foi suficiente para causar o aparecimento de fósforo, solúvel em água, nos tratamentos contendo fosfato natural insolúvel.

QUADRO 2: Fósforo solúvel em água destilada, referente à incubação em condições de laboratório. Os dados representam a média de 4 repetições e estão expressos em $\text{mg PO}_4^{3-}/100 \text{ g}$ de solo.

TRATAMENTOS	DIAS DE INCUBAÇÃO					
	7º	21º	28º	49º	56º	63º
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST*	0,22	0,46	0,55	0,87	0,66	0,73
PM**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AJIFER	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ST+AJIFER	0,30	0,85	0,80	1,00	0,70	0,80
PM+AJIFER	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

* Superfosfato triplo

** Apatita Patos de Minas

Esses resultados são, provavelmente, devidos às condições ambientais do presente experimento, que diferiram daquelas dos trabalhos citados anteriormente, os quais, em sua maioria, se processaram "in vi tro".

No entanto, comparando-se a Figura 1, apresentada anteriormente, com o Quadro 2, no qual estão presentes os dados de fósforo solúvel em água, nota-se que o tratamento ST apresentou uma curva de pH situada acima daquela da testemunha, e seus valores se mantiveram, praticamente, constantes no decorrer do experimento. Já a quantidade de fósforo solúvel em água, apresentou um aumento até o 49º dia.

Com a adição da matéria orgânica (tratamento ST+Ajifer), a curva se deslocou para uma posição inferior à da testemunha e os valores de pH apresentaram uma pequena variação, embora não correspondente à va-

riação das quantidades de fósforo, solúvel em água, presentes no meio. Porém, essas quantidades de fósforo foram superiores às daquelas do mesmo tratamento sem matéria orgânica.

Esse fato pode ser explicado pela observação de MICHOUSTINE (1972), de que a intensidade de liberação do fósforo é devido apenas em parte, ao acúmulo de ácidos, uma vez que em um mesmo valor de pH, os diversos ácidos orgânicos produzidos, liberaram diferentes quantidades de P_2O_5 , devido ao seu poder solubilizador ser determinado, não somente pela presença de suas moléculas de grupamentos carboxílicos, mas também pela formação de quelatos com certos cátions. BRADDLEY e SIELING (1953); MARCHESINI *et alii* (1966) e MALAVOLTA (1974), concordam com esse autor, afirmando, que além dos ácidos láctico, cítrico, fórmico e acético produzidos por muitos microrganismos do solo e capazes de solubilizar alguns fosfatos, vários outros, entre os quais o 2-cetoglucônico, são eficientes como quelantes, podendo se complexar com o Ca, Ni, Mn, Fe e Al dos fosfatos, resultando em liberação do fósforo. Essas substâncias quelantes, por sua capacidade de se ligar fortemente a cátions fixadores de fósforo, estão sendo consideradas um meio prático de evitar a formação de compostos fosfatados insolúveis.

5.2.2. Incubação em condições de casa de vegetação

Maior ou menor quantidade de formas de fósforo disponível, presentes no solo, pode ser extraída pelas diferentes soluções químicas utilizadas para tal fim, em função da fonte de fosfato adicionada.

Sendo assim, ALMEIDA NETO (1979) procurou selecionar alguns desses extratores que melhor se adaptassem às condições de laboratório, para fins de fertilidade e concluiu que para se extrair a porção do fósforo a ser correlacionada com a resposta da cultura à adição de fertilizantes fosfatados, devem ser utilizadas soluções moderadamente alcalinas, como por exemplo o $NaHCO_3$ 0,5 M de pH 8,5. Esse extrator foi projetado por Olsen para controlar a atividade iônica do cálcio, através do produto de solubilidade do $CaCO_3$ durante a extração de solos calcáreos, sendo

por isso indicado também para aqueles solos aos quais se adicionou um fosfato cálcico.

Com base nesse fato, na incubação em casa de vegetação, o fósforo disponível foi extraído, quimicamente, por essa solução e as quantidades obtidas estão presentes no Quadro 3, onde se pode notar que em todos os tratamentos houve liberação desse elemento ao meio.

QUADRO 3: Fósforo disponível, extraído pelo bicarbonato de sódio 0,5 M pH 8,5, referente à incubação em condições de casa de vegetação. Os dados representam a média de 4 repetições e estão expressos em $\text{mg PO}_4/100 \text{ g de solo}$.

TRATAMENTOS	DIAS DE INCUBAÇÃO			
	7º	14º	21º	30º
S	0,095	0,128	0,141	0,078
ST*	3,154	1,776	2,025	1,610
PM**	0,241	0,357	0,285	0,249
TORTA	0,241	0,282	0,249	0,199
ST+TORTA	3,403	3,403	2,523	1,909
PM+TORTA	0,249	0,368	0,365	0,282

* Superfosfato triplo

** Apatita Patos de Minas

Comparando-se a Figura 2, vista anteriormente, com a Figura 3, onde, visando-se evidenciar o aumento do fósforo no solo influenciado pelos diferentes tratamentos, deduziu-se de cada um a quantidade de fósforo presente na testemunha, pode-se notar que a adição da matéria orgânica (mesmo tendendo a alcalinizar o solo) acarretou um aumento no teor de fósforo disponível presente no meio, o que foi mais pronunciado quando da sua adição juntamente com uma fonte de fósforo solúvel (tratamento ST+TORTA).

Entretanto, as demais curvas estão situadas bem próximas

Figura 3: Fósforo disponível extraído do solo pelo extrator de Olsen, referente à incubação em condições de casa de vegetação. Os dados representam as diferenças entre as médias das 4 repetições de cada tratamento e as da testemunha.

umas das outras, não apresentando diferenças visíveis entre o tratamento que recebeu apenas apatita (PM), o que recebeu apatita mais matéria orgânica (PM+TORTA) e o que recebeu apenas matéria orgânica (TORTA).

Esses resultados concordam com a afirmação de TARDIEUX-ROCHE (1966), de que a solubilização de fosfatos naturais pelos microrganismos, não necessita da acidificação do meio e que espécies não acidogênicas solubilizam quantidades iguais, ou superiores, de fosfato dentro de um meio ao qual ele é fornecido sob forma de apatita. Esse fato foi comprovado pelo aumento de fósforo nos filtrados de culturas líquidas e pela produção de halo ao redor das colônias, em meio sólido contendo apatita precipitada, o que nem sempre foi acompanhado pelo desenvolvimento de acidez.

GOSWANI e SEN (1961) encontraram uma diminuição nas quantidades de formas solúveis de fósforo em condições ácidas e um aumento nessas quantidades em condições alcalinas, e MADAN (1974) verificou que o abaixamento do pH nem sempre estava ligado ao aumento desses fosfatos no meio.

Apesar do NaHCO_3 0,5 M pH 8,5 ser citado na literatura, como o extrator da porção do fósforo do solo a ser correlacionada com a resposta das culturas à adição de fertilizantes fosfatados, nas condições do presente trabalho não se observou correspondência entre esse extrator e o painço (*Panicum miliaceum* L.) o qual vem sendo utilizado (AL-ABBAS e BARBER, 1964; ALMEIDA NETO, 1979 e outros) para estabelecer níveis de fertilidade para esse elemento no solo, com base na produção de matéria seca em casa de vegetação.

Pela extração química (Quadro 4), os teores de fósforo, resultantes dos tratamentos aos quais se adicionou uma fonte de fósforo solúvel (ST e ST+TORTA), foram os mais altos e apresentaram valores bem próximos. Contudo, a produção de matéria seca (Figura 4) e a quantidade de fósforo na planta (Figura 5), foram baixas no tratamento ST e ultrapassaram, em muito, todos os demais tratamentos, quando foi adicionada matéria orgânica (ST+TORTA).

Mesmo não tendo sido efetuada a análise de micronutrientes,

Figura 4: Diferenças estatísticas entre os pesos secos das plantas dos diversos tratamentos, com base no teste Tukey. Os dados representam a média de 4 repetições.

Figura 5: Diferenças estatísticas entre as quantidades de fósforo nas plantas dos diferentes tratamentos, com base no teste Tukey. Os dados representam a média de 4 repetições.

pela análise foliar (Quadro 4), da qual os dados de fósforo foram transportados para um diagrama onde se evidenciam as diferenças estatísticas entre os tratamentos ST e ST+TORTA (Figura 5), pode-se observar que houve uma grande diferença entre as quantidades de N e K desses dois tratamentos.

QUADRO 4: Análise foliar das 14 plantas coletadas de cada vaso. Os dados representam a média de 4 repetições e estão expressos em g.

TRATAMENTOS	N	K
S	0,0098	0,0143
ST*	0,0472	0,1339
PM**	0,0301	0,0939
TORTA	0,1182	0,2246
ST+TORTA	0,4843	0,3712
PM+TORTA	0,1330	0,2221

* Superfosfato triplo

** Apatita Patos de Minas

Esses resultados demonstram a existência de outros fatores, além do fósforo, que seriam também limitantes para o crescimento dessa cultura, os quais estariam sendo fornecidos pela matéria orgânica, uma vez que com a adição apenas de torta de algodão ao solo, os teores foliares de N e K foram altos, apesar do peso seco e da quantidade de fósforo na planta não diferirem estatisticamente do tratamento PM (Figuras 4 e 5), no qual o possível fator limitante foi a baixa quantidade de fósforo disponível presente no solo.

Quando se adicionou a apatita juntamente com a torta de algodão, mesmo com os altos teores de N e K na planta (Quadro 4), a produção de matéria seca e a quantidade de fósforo foliar foram baixas, não diferindo, estatisticamente (Figuras 4 e 5), dos tratamentos ST e TORTA.

Dessa forma, para se estudar uma correlação entre o extrator de Olsen e o painço (*P. miliaceum* L.) tornar-se-ia necessária a detecção e eliminação dos outros fatores limitantes, deixando-se como única variável o fósforo. Pelas Figuras 6 e 7, pode-se visualizar os efeitos dos diferentes tratamentos sobre essa cultura.

Além desse fósforo extraído pelas soluções químicas e pela cultura, sabe-se (ALEXANDER, 1967; BAREA, 1969 e outros) que deve existir uma porção desse elemento no solo, imobilizada no protoplasma microbiano, a qual é liberada com a morte desses microrganismos, na forma de íons fosfato disponíveis. Essa liberação é lenta e nada tem a ver com a produção de ácidos metabólicos, sendo uma consequência da produção de enzimas microbianas (MYŠKŮW, 1960; GREAVES e WEBLEY, 1965; BAREA et alii, 1970b; COSGROVE, 1970 e IRVING e COSGROVE, 1972).

As dificuldades encontradas no decorrer deste trabalho, para adequar a metodologia existente à extração das diversas formas do fósforo no solo, incluindo formas insolúveis suplementadas, recomendam que um maior número de pesquisas seja desenvolvido nesse campo, visando possibilitar maior progresso na utilização de fontes naturais de fósforo, transformadas pela população microbiana do solo, nas explorações agrícolas.

Figura 6: Plantas coletadas dos tratamentos S (testemunha) e MO (no qual se adicionou torta de algodão ao solo).

Figura 7: Plantas coletadas dos tratamentos ST (no qual se adicionou o superfosfato triplo ao solo) e PM (no qual foi adicionada a apatita Patos de Minas).

6. CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, foi possível extrair as seguintes conclusões:

a) A incorporação de Ajifer, ao solo, acarretou um desenvolvimento de acidez, não sendo constatada a solubilização da apatita Patos de Minas.

b) A incorporação de torta de algodão acarretou a alcalinização do solo e induziu à liberação de formas disponíveis de fósforo.

c) Não houve correlação entre a água destilada e o extrator de Olsen e a resposta do painço (*Panicum miliaceum* L.), que foi utilizado como método de extração biológica do fósforo disponível no solo.

d) A resposta do painço (*P. miliaceum* L.) aos diferentes tratamentos, evidenciou que outros fatores, além do fósforo, foram limitantes de crescimento para essa cultura.

7. SUMMARY

The existence of microorganisms which are able to transform the phosphorus through their metabolic activities, and the great number of works "in vitro" are not enough to evaluate the real possibilities of such process in the biological complex of the soil.

With the objective of making those transformations a little more clear, in the present work two organic residues were added to the soil for the purpose of checking their behavior when faced with the liberation of usable forms of phosphorus, starting from a natural insoluble phosphate.

Those residues were Ajifer (a liquid residue of glutamic fermentation) and cotton cake, which affected the pH of the soil in different ways. However, both in the development of acidity and in the trend towards alkalinity, there was an increase in the quantities of phosphorus available as consequence of the microbial activity.

To determine the quantities of that phosphorus, two chemical extractors (distilled water and NaHCO_3 0,5 M pH 8,5), which were compared with the response of the *Panicum miliaceum* L. to the addition of phosphated fertilisers. No correlation between the chemical extractors and the crop was found.

8. LITERATURA CITADA

- AL-ABBAS, A.H. e S.A. BARBER, 1964. A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus: I. Correlation of soil phosphorus fractions with plant-available phosphorus. *Soil Science Society American Proceedings*, 28(2):218-221.
- ALEXANDER, M., 1967. Microbial transformations of phosphorus. In: *Introduction to soil microbiology*. John Willey and Sons. Inc. New York and London. 472 p.
- ALMEIDA NETO, J.X., 1979. Caracterização das formas de fósforo e emprego de diferentes extratores para avaliar o fósforo disponível em solos de Goiás. ESALQ/USP. Piracicaba. São Paulo. (Tese de Doutorado) . 138 p.
- AWASTHI, P.K.; K.L. LUTHRA e T.N. JAGGI, 1977. Use of Indian rock phosphate for direct application as phosphatic fertiliser. *Fertiliser News* 22(12):44-55.

- BAJPAI, P.D. e W.V.B. SUNDARA-RAO, 1969. Phosphate solubilising bacteria: II. Extracellular production of organic acids by selected bacteria solubilising insoluble phosphate. Division of Microbiology. Indian Agricultural Research Institute, India.
- BARBER, D.A., 1966. Effect of microorganisms on nutrient absorption by plantas. *Nature*, 212:638-640.
- BAREA, J.M., 1969. Estudio sobre germen es del suelo capaces de mineralizar los fosfatos organicos: I. Introducci3n y revision bibliogr3fica. *Ars Pharmac.*, 10:117.
- BAREA, J.M.; A. RAMOS e V. CALLAO, 1970. Contribucci3n al estudio "in vitro" de la mineralizacion bacteriana de fosfatos. *Microbiol. Espa3.*, 23:257-270.
- BAREA, J.M.; A. RAMOS e V. CALLAO, 1970. Incidencia de germen es mineralizadores de fosfatos en suelos de vega y secano de la provincia de Granada. *Microbiol. Espa3.*, 23:149-156.
- BETTIOL, W. e P.C.T. de CARVALHO, 1979. Utiliza3o de res3duos da fermenta3o glut3mica e fosfatos naturais em pastagens. *O Solo*, 71(2):59-63.
- BRADDLEY, D.B. e D.H. SIELING, 1953. Effect of organic anions and sugars of phosphates precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. *Soil Sci.*, 76:175-179.
- BRAY, R.H. e L.T. KURTZ, 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, 59:39-45.
- BROMFIELD, S.M., 1960. Some factors affecting the solubility of phosphates during the microbial decomposition of plant material. *Austr. J. Agric. Res.*, 3(2):304-316.

- BUCKMAN, H.O. e N.C. BRADY, 1968. Natureza e Propriedade dos Solos. 2ª ed., cap. VI. Livraria Freitas Bastos S/A R.J. S.P. 594 p.
- CARVALHO, P.C.T.; J.M. SALGADO e E.P. DE SANTANA, 1977. Biotransformações da Apatita de Araxá em solo suplementado com diferentes fontes de carbono. *O Solo*, 69(1):30-34.
- CATANI, R.A.; J.R. GALLO e H. GARGANTINI, 1955. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Inst. Agron. (Boletim nº 69). 29 p.
- COSGROVE, D.J., 1970. Inositol phosphatases of microbiological origin. Inositol phosphate intermediates in the dephosphorilation of the hexaphosphates of myo-inositol, scyllo-inositol and D-chiro-inositol by a bacterial (*Pseudomonas* sp.) phytase. *Austr. J. Biol. Sci.* 23:1207-220.
- DAS, A.C., 1963. Utilization of insoluble phosphates by soil fungi. *Journal Ind. Soc. Soil Sci.*, 11:203-207.
- EIRA, A.F. e P.C.T. DE CARVALHO, 1969. Determinação da influência da relação C/N, na solubilização biológica da Apatita de Araxá, pela microflora do solo. 51ª Reunião da Seção Regional da Sociedade Botânica do Brasil. Piracicaba, S.P.
- EIRA, A.F. e P.C.T. DE CARVALHO, 1970. Levantamento de microrganismos solubilizadores de fosfatos. *Rickia*, 5:111-124.
- EIRA, A.F. e P.C.T. DE CARVALHO, 1970. A decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos do solo e sua influência nas variações do pH. *Revista da Agricultura*. 45(1):15-21.
- EIRA, A.F. e P.C.T. DE CARVALHO, 1971. A fonte de carbono como fator de solubilização de fosfatos naturais pela microflora do solo. *III Congresso Brasileiro de Microbiologia*. Sociedade Brasileira de Microbiologia, 25-29 de julho. Belo Horizonte, M.G.

- FASSBENDER, H.W., 1975. Fósforo. In: *Química de Suelos*. 1º ed. cap.10. Ed. Matilde de La Cruz. Inst. Interam. de Ciênc. Agric. de la OEA . Turrialba. Costa Rica. 398 p.
- FULLER, W.H.; D.R. NIELSEN e R.W. MILLER, 1956. Some factors influencing the utilization of phosphorus from crop residues. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 20:218-224.
- GERRETSEN, F.C., 1948. The influence of microorganisms on the $\text{PO}_4^{\equiv}$ intake by the plantas. *Plant and Soil*, 1:51-81.
- GOSWANI, K.P. e A. SEN, 1961. Solubilization of calcium phosphate by three strains of a *Phosphobacterium*. Indian Agric. Res. Inst. New Delhi.
- GREAVES, M.P. e D.M. WEBLEY, 1965. A study of breakdown of organic phosphates by microorganisms from the root region of certain pastures grasses. *J. Appl. Bact.*, 28(3):454-465.
- HAWKER, L.E.; A.H. LINTON; B.F. FOLKES e M.J. CHARLES, 1964. Elementos de Microbiologia General. Introducción a la Biología de los Microorganismos. Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 306 p.
- HSU, P.H. e M.L. JACKSON, 1960. Inorganic phosphate transformations by chemical weathering in soils as influenced by pH. *Soil Sci.*, 90(1): 16-24.
- IRVING, G.C.J. e D.J. COSGROVE, 1972. Inositol phosphate phosphatases of microbial origin: the inositol pentaphosphate products of *A. ficuum* phytases. *J. Bact.*, 112:434-438.
- JACKSON, M.L., 1970. Phosphorus determinations for soils. In: *Soil Chemical Analysis*. Cap. VII. Eastern Economy Edition. Prentice Hall . India. 662 p.

- JOHNSTON, H.W. e R.B. MILLER, 1959. The solubilization of "insoluble" phosphate. *N. Zel. J. Sci.*, 2:109-120.
- JORGE, J.A., 1972. Matéria orgânica. In: *Elementos de Pedologia*. Cap. 13. Editora Polígono. São Paulo. 459 p.
- JORGE, J.A., 1972. Fósforo. In: *Elementos de Pedologia*. Cap. 15. Editora Polígono. São Paulo. 459 p.
- KAILA, A., 1949. Biological absorption of phosphorus. *Soil Sci.*, 68: 279-289.
- KHASAWNEH, F.E. e E.C. DOLL, 1978. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Adv. in Agronomy*, 30:159-206.
- KHASAWNEH, F.E.; E.C. SAMPLE e I. HASHIMOTO, 1974. Reactions of ammonium ortho and polyphosphate fertilisers in soils: I. Mobility of phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38(3):446-451.
- MADAN, M., 1974. Microbial dissolution of phosphates. *Indian Journal Microbiol.*, 14:167-171.
- MALAVOLTA, E., 1974. *Manual de Química Agrícola. Adubos e Adubação*. Editora Agronômica Ceres. S.P. 606 p.
- MARCHESINI, A.; SEQUI e G.A. LANZANI, 1966. Azione di sostanze chelanti sulla solubilizzazione del fosforo nel terreno. *Agrochimica*, 10(2) : 183-189.
- MERZARI, A.H.; S.F. SUAREZ e A. GODOY, 1963. Solubilization des phosphates par les microorganismes du sol. *Ann. Inst. Pasteur*, 105(2) 267-274.

- MICHOUSTINE, E.N., 1972. Processus microbiologiques mobilisant les composés du phosphore dans le sol. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 9(3):521-528.
- MOGHIMI, A.; D.G. LEWIS e J.M. OADES, 1978. Release of phosphate from calcium phosphates by rhizosphere products. *Soil Biol. Bioch.*, 10:277-281.
- MYŠKŮW, W., 1960. The dissolving of calcium phosphates by some soil bacteria. *Acta Microb. Polonica*, 9:367-373.
- PAREEK, R.P. e A.C. GAUR, 1973. Release of phosphate from tricalcium and rock phosphates by organic acids. *Current Sci.*, 42(8):278-279.
- PAUL, N.B. e W.V.B. SUNDARA-RAO, 1971. Phosphate-dissolving bacteria in the rhizosphere of some cultivated legumes. *Plant and Soil*, 35:127-32.
- RAMOS, A. e V. CALLAO, 1965. Estudio preliminar de solubilización de fosfatos por las bacterias. *Ars Pharm.*, 6:237-242.
- RAMOS, A.; CALLAO e P.C.T. DE CARVALHO, 1968. La solubilización de fosfatos por hongos del suelo. *Microb. Españ.*, 21:23-37.
- RAMOS-CORMENZANA, A.; J.M. BAREA e V. CALLAO, 1966. Liberación de fósforo a partir de la fosforita por bacterias que actúan sobre los fosfatos. *Ars Pharm.*, 7:251-255.
- SOMANI, L.L. e S.N. SAXENA, 1970. Acid gradient elution studies on release of phosphorus under active microbiological activity in Rajasthan soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 18(4):379-282.
- SUNDARA-RAO, W.V.B. e M.K. SINHA, 1963. Phosphate-dissolving microorganisms in the soil and rhizosphere. *Ind. J. Agric. Sci.*, 33(4):272-278.
- TAHA, S.M.; S.A.Z. MAHMOUD; A. HALIM EL-DAMATY e A.M. ABD EL-HAFEZ, 1969. Activity of phosphate-dissolving bacteria in Egyptian soils. *Plant and Soil*, 31(1):149-160.

TARDIEUX-ROCHE, A., 1966. Contribution a l'étude des interactions entre phosphates et microflore du sol. *Ann. Agron.*, 17(4):403-471.

TARDIEUX-ROCHE, A.; P. TARDIEUX e J. POCHON, 1967. Natural phosphates biological factors of fertility. *Proc. Nat. Acad. Sci. Ind. Sect. Phys. Sci.*, 37(3-4):341-346.

THOMAS, G.W. e D.E. PASLEE, 1973. Testing soils for phosphorus. In: *Soil Testing and Plant Analysis*. (Walsh, L.M. e J. D. Beaton). Cap. 9. Revised Edition. Soil Sci. Am. Inc. Madison. Wisconsin, USA. - pp 115-132.

WAKSMAN, S.A., 1963. *Soil Microbiology*. John Wiley and Sons., Inc., - N.Y., London.