ELÍS REGINA COSTA DE MORAIS

FOSFATAGEM, CALAGEM E DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM AMOSTRAS SUB SUPERFICIAIS DE AREIA QUARTZOSA ÁLICA DO MUNICÍPIO DE SERRA DO MEL, RN.

Orientador: Maurício de Oliveira

Monografia apresentada a Escola Superior de Agricultura de Mossoró para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

MOSSORÓ

R. G. NORTE - BRASIL

JUNHO - 1995

ELÍS REGINA COSTA DE MORAIS

FOSFATAGEM, CALAGEM E DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM AMOSTRAS SUB SUPERFICIAIS DE AREIA QUARTZOSA ÁLICA DO MUNICÍPIO DE SERRA DO MEL, RN.

Orientador: Maurício de Oliveira

Cuide bem deste livro,
ele é fundamental para seu conhecimento

Monografia apresentada a Escola Superior de Agricultura de Mossoró para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

MOSSORÓ

R. G. NORTE - BRASIL

JUNHO - 1995

ELÍS REGINA COSTA DE MORAIS

FOSFATAGEM, CALAGEM E DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM AMOSTRAS SUB SUPERFICIAIS DE ARGILA QUARTZOSA ÁLICA DO MUNICÍPIO DE SERRA DO MEL, RN.

Orientador: Maurício de Oliveira

Monografia apresentada a Escola Superior de Agricultura de Mossoró para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADA EM: 22 / 06 / 95

João Liberalino Filho
Prof. - ESAM

Terezinha Maria O. de Medeiros
Engª Agrônoma

Maurício de Oliveira
Prof. Dr. - ESAM
Orientador

Escola Superior de Agricultura de Mossoró

Reguei a terra e nada brotou
Estava pobre e não suportou
Aquilo que plantei
Tinha uma horta, um pequeno pomar
Uma algaroba, um pé de juá
Mas faltava a lágrima que tanto chorei

Uma política, uma mentira
Um faz-de-conta, uma intriga
Uma família, um só nome
E tantas mãos abanando
A terra se acabando
E o povo, como sempre, com fome

Se a chuva não cai
O homem de sua terra sai
Deixando seu lugar
Mas se tem inverno
Apaga o fogo do inferno
Não demora a retornar

E se volta a ser o que era
Novamente deixa a terra
Não imagina ficar só
Imagina uma agricultura diferente
E não a imposta a tanta gente
Irrigada com tanto sangue e suor.

Celsemy Maia

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

À CELSEMY ELEUTÉRIO MAIA

Dedico.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Maurício de Oliveira pela orientação, amizade e aprendizado durante a elaboração desse trabalho.

Ao Meu esposo, Celsemy Eleuterio Maia, pelo incentivo e compreensão durante a elaboração desse trabalho.

As Amigas de turma Alexsandra Duarte de Oliveira, Francielza Marrocos da Silva e Alessandra Salviano, pelo estímulo nas horas mais difícies.

Aos meus pais, pelo incentivo que me foi dado durante todo o curso, aos quais devo tudo.

A Marieta de Oliveira, pelas constantes lições de vida.

A Todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

DADOS BIBLIOGRÁFICOS DO AUTOR

ELÍS REGINA COSTA DE MORAIS, filha de Adauto de Souza Morais e Maria Ivete Costa de Morais, nasceu no dia 20 de setembro de 1970, na cidade de Gov. Dix-sept Rosado, Estado do Rio Grande do Norte.

Cursou o 1° Grau no Colégio Eliseu Viana e o 2° Grau no colégio Diocesano Santa Luzia, ambos na cidade de Mossoró. Ingressou na Escola Superior de Agricultura de Mossoró em setembro de 1990.

Fez estágio de análise de água e solos no Laboratório de Análise de Água e Solos da ESAM por um período de 6 meses, no Departamento de Solos e Geologia da ESAM.

No momento defende monografia para ser laureada Engenheira Agrônoma.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

SUMÁRIO

	página
EXTRATO	ix
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Os solos da Serra da Mel	03
2.2. Extração de fósforo	04
2.3. Disponibilidade de fósforo em solos ácidos e álicos	06
3. MATERIAL E MÉTODO	11
3.1. Os pedomateriais	11
3.2. Os tratamentos	11
3.3. Condução em casa de vegetação	13

3.4. Resposta biológica 13

3.5. Disponibilidade de fósforo 13

3.6. Fertilidade do solo 14

3.7. Os extratores quimícos 14

3.8. Delineamento experimental 15

3.9. Processamento dos dados 16

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO 17

4.1. Avaliação da fertilidade do solo nos vasos 17

4.1.1. Reação do solo 17

4.1.2. Cátions trocáveis 19

4.1.3. Relações iônicas 24

4.2. Recuperação de fósforo 25

4.2.1. Extratores quimícos 27

4.2.2. Extração pelas plantas 30

4.2.3. Regressão linear 32

4.3. Resposta biológica 33

4.3.1. Matéria verde e matéria seca 33

4.3.2. Acumulação de macronutrientes 37

4.4. Correlação e regressão 40

5. CONCLUSÕES 44

6. RESUMO 45

7. LITERATURA CITADA 46

8. APÊNDICE 52

EXTRATO

MORAIS, E.R.C. Escola Superior de agricultura de Mossoró, junho de 1995. Fosfatagem e calagem em amostras sub superficiais de Areia Quartzosa Álica do munícipio de Serra do Mel,RN. Professor orientador: Maurício de Oliveira. Conselheiros: João Liberalino Filho e Terezinha Maria O. de Medeiros.

O estudo das alterações na fertilidade de fósforo extraido de um solo distrófico, sob agricultura de baixo nível de insumos são de fundamental importância para o manejo adequado deste solo. Objetivando avaliar a disponibilidade de fósforo para plantas, frente a aplicação de doses crescentes de fósforo, em solos endoálicos com e sem calagem. Foram coletadas amostras subsuperficiais de 20-40cm, para determinação dos teores de íons trocáveis e do fósforo extraido pelos extratores: Mehlich-1, Bray-1, Bray-2 e Olsen. Verificou-se redução nos teores de alumínio trocável e aumento de cálcio e magnêsio na ausência de calagem. Quanto a recuperação de fósforo, observa-se que houve redução da presença de calagem. O Olsen apresentou maior agressividade e os métodos Mehlich-1 e Bray-2 apresentaram comportamento semelhante.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

1. INTRODUÇÃO

A agricultura de baixo nível de insumos que se pratica atualmente no município de Serra do Mel, RN caracteriza-se pela baixa inversão de insumos e Capital por área cultivada. Nesse modo de agricultura, as safras agrícolas dependem das chuvas, onde o fator de risco climático é muito pronunciado. Dadas às condições de descapitalização dos ex-colonos (hoje pequenos agricultores, após a emancipação política administrativa do projeto de colonização) e o baixo grau de comprometimento de organismos oficiais aos empreendimentos dessa comunidade, pouco se tem enfatizado o uso dos chamados modernos insumos, tais como adubos minerais e orgânicos, defensivos, sementes melhoradas e irrigação.

Qualquer investimento que se concebe implantar em tais condições edafoclimáticas do município em epígrafe, no entanto, necessita de conhecimentos básicos sobre relações solo-água-planta e aspectos sócio-econômicos. Os solos predominantes na área do município de Serra do Mel, apresentam um caráter endoálico (saturação com alumínio superior a 50% nas camadas subsuperficiais). Nesse grupamento se incluem as Areias Quartzosas e os Latossolos de textura

média a arenosa. Dados da SUDENE (1981) informam que mais de 70% da área territorial do município de Serra de Mel é dominada por esses dois grupamentos de solos.

Os solos álicos, com reação ácida frequentemente apresentam problemas quanto ao amanho, no que se refere ao manejo da adubação fosfatada, dada a alta capacidade de fixação de P, oferecida pela fração argila dos mesmos, que apesar de pequena em quantidade, apresentam alta energia de ligação, e, nessas condições, podem complexar os fosfatos, quando formas solúveis de fosfóro são aplicadas ao solo.

A matéria orgânica do solo é predominantemente de natureza ácida, com as propriedades acidicas sendo determinadas principalmente por grupos carboxílicos abaixo de pH 7, e por hidroxilas fenólicos e enólicos a valores de pH mais alto (Broadbent e Bradford, 1952; Wiklander, 1964). Radicais potencialmente positivos, tais como grupos amino, estão presentes na matéria orgânica, porém os grupos ácidos predominam e a matéria orgânica do solo nunca se torna isoelétrica (Wiklander, 1964; Marshall, 1964), citado por RAIJ (1989).

O objetivo do presente trabalho é avaliar a disponibilidade de fósforo para plantas, frente a aplicação de doses crescentes de fósforos, em solos endoálicos com e sem calagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Os solos da Serra do Mel

Os solos da área da Serra do Mel são muito arenosos, próximo do limite entre textura arenosa (15% de argila). A maioria dos solos, apesar de aparência latossólica, possui alguma expressão de gradiente textural. Os solos tendem a ser álicos. Embora os teores de alumínio sejam mais baixos nos horizontes superficiais, eles não chegam a ser epieutróficos (eutróficos no horizonte A). Estritamente, os solos na sua maioria seriam endoálicos quanto a saturação de alumínio (SUDENE, 1981).

Os solos que predominam no município da Serra do Mel são as Areias Quartzosas Álicas, que ocupam 17,69% da área total do município e os Latossolos Vermelho Amarelo Álico que se distribuem em mais da metade da área, 57,07%, ambos com textura de média a arenosa.

Quanto a disposição dos solos na paisagem é sugerida a seguinte sequência: Os Podzólicos vermelho amarelo latossólico, Latossolo ou Areia Quartzosa Latossólica ocupam os topos das elevações. Os solos cada vez mais transicionais para Podzólico vão ocorrendo em direção aos trechos inferiores das elevações; Já nos terços inferiores ocorre o

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

Podzólico Vermelho Amarelo Plíntico, e, o mais próximo do talvegue, a Areia Quartzosa Hidromórfica. Nas posições mais elevadas também ocorrem solos Litólicos cascalhentos, formando elevações, no sopé das quais ocorrem Podzólicos cascalhentos plínticos (SUDENE , 1981).

2.2. Extração de fósforo

Com o aumento do pH do solo, a disponibilidade de elementos tóxicos, principalmente, alumínio e manganês é reduzida, bem como de outros nutrientes como ferro, boro e zinco, enquanto que nutrientes como o fósforo e molibidênio tem suas disponibilidades aumentadas no solo (QUAGGIO, 1986).

Em experimentos montados por Vidor & Freire (1972) e Silva et alii (1980), concluiu-se que as respostas à adubação fosfatada foram bastante reduzidas, principalmente em doses mais elevadas de calcário. Entretanto, nos dois casos, as respostas á calagem foram mais expressivas na presença de fósforo. Com base nisso QUAGGIO (1986), afirma que a calagem aumenta o aproveitamento de fósforo nativo do solo e a eficiência de uso de fertilizantes fosfatados solúveis. Podem ser estabelecidas relações de substituição entre o fósforo e calagem, (QUAGGIO, 1986).

Foy (1988), citado por FURLANI (1989), afirma que trabalhos publicados mostram que sintomas visuais da toxidez de alumínio na parte aérea relembram aqueles deficiência de fósforo e que o suprimento de fósforo ao substrato de crescimento ocasiona um efeito positivo contra a injúria do alumínio. E isso tem levado pesquisadores a especular que os efeitos da fitotoxidez de alumínio podem ser

atribuídos diretamente a uma deficiência de fósforo induzida pelo alumínio.

O padrão típico da distribuição de fósforo em plantas estressadas por alumínio, revela acúmulo nas raízes e diminuição em órgãos da parte aérea. Esses resultados levaram Clarkson (1966) a visualizar, em plantas estressadas por alumínio, uma reação de contínua absorção-precipitação que reduz a entrada de fósforo nas raízes e o subseqüente transporte para a parte aérea, citado por FURLANI (1989).

Sobre a extração de fósforo em função de doses aplicadas NOVAES & KAMPPATH (1979), verificaram que a remoção de P efetuada pelo extrator Mehlich foi superior a quantidade de fósforo aplicada no solo, indicando uma interação positiva entre o fósforo existente inicialmente no solo e o aplicado. RAIJ (1978) e OLIVEIRA et alii (1994), intensificam os resultados desse trabalho quando apontam como sendo uma das limitações na utilização desse método em solos que possuem resíduos de adubação fosfatada.

LINS et alii (1984), ressaltaram a maior sensibilidade do extrator de Mehlich frente aos teores de argila do solo, sendo corroborada a hipótese da sensibilidade desse extrator ao fator capacidade tampão de fósforo. FONSECA (1977), trabalhando com fixação de fósforo em três solos do município de Mossoró-RN (Cambissolo Eutrófico, com A fraco textura argilosa; Podzólico Vermelho Amarelo equivalente Eutrófico latossolo textura argilosa; Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico argila de atividade alta abrúptico plinthico textura média), concluiu também que houve maior absorção de fósforo em solos com maiores teores de argila.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

Em virtude da utilização de fosfatos naturais em algumas áreas na agricultura brasileira, tornam-se necessárias novas pesquisas de laboratório, tentando encontrar um método de extração de fósforo do solo que apresente alta correlação com o fósforo extraído pelas plantas, independente da solubilidade do fosfato empregado (SFREDO et alii, 1979).

2.3. A disponibilidade de fósforo em solos ácidos e álicos

O efeito da calagem na disponibilidade de fósforo no solo e na sua absorção pelas plantas tem sido estudado, mostrando resultados bastante variáveis e até mesmo conflitantes (Haynes, 1984) citado por GUILHERME et alii, 1989.

Usualmente a disponibilidade de fósforo para as plantas é avaliada através de extratores químicos. Para que um extrator possa ser usado com segurança é necessário que as quantidades de fósforo que ele extrai do solo, estejam relacionadas com a absorção desse elemento pelas plantas e com a produção obtida (Thomas e Peaslee, 1973; Cope e Rouse,1973). Os vários métodos de extração de fósforo removem diferentes quantidades, isto devido principalmente à natureza química do extrator, às características do solo e às formas em que o fósforo se encontra no solo (Bray e Kurtz,1945; Payne e Hanna,1965). Em consequência disso, a maioria dos métodos usados para a avaliação do fósforo disponível dão correlação apenas para solos com idênticas propriedades (Cho e Caldwell,1959; Welch et alii,1957). Citado por PEREIRA & FARIA, 1978.

Os métodos atualmente empregados para a avaliação da disponibilidade de fósforo, extraem certas quantidades de fósforo que muitas vezes se acha relacionada com aquela que o solo poderia fornecer as plantas (Baldovinos & Thomas,1978; Blanchar & Caldell,1964; Smille & Syers,1972 e Volkweiss,1973). Uma das causas da baixa capacidade dos métodos em avaliar a disponibilidade de fósforo para as plantas, é que alguns parâmetros do solo ligados ao mecanismo de difusão de fósforo até a superfície das raízes não são avaliadas por esses métodos (GALRÃO & VOLKWEISS, 1978).

É possível que o uso de extratores ácidos torne-se restrito no futuro, por duas razões principais. Primeiramente, o uso crescente de fosfatos naturais, impossibilita o uso de extratores que dissolvem apatita (o extrator Bray-1 seria uma exceção dentre os extratores ácidos). Em segundo lugar, em solos adubados é de esperar que a reserva de fósforo lábil encontre-se em grande parte na forma de fosfato de alumínio, principalmente se os solos forem ácidos. Seriam preferíveis, então, extratores ou métodos que tenham maior ação em dissolver esta fração, como é o caso dos métodos Bray 1, da resina (Enwezor, 1977; Manuca et alii, 1964) e mesmo do método Olsen (Thomas e Peaslle, 1973). Citados por RAIJ, 1978.

Segundo RAIJ (1978), o P contido na matéria orgânica pode também, por mineralização, acrescentar fosfatos inorgânicos ao sistema $P_{lábil}$ - $P_{solução\ do\ solo}$. O autor afirma que um método passa a ser útil para avaliar a disponibilidade de fosfóro, depois de convenientemente correlacionado com a resposta da planta a aplicação de fosfatos ou ao fosfato existente nos solos. Esse mesmo

trabalho evidencia a superioridade do método de extração de resina em relação aos demais métodos rotineiramente empregados em diversos países, destacando ainda a superioridade e versatilidade em diferentes condições de solo do método de Olsen, colocando o Bray-1 e Mehlich como sendo mais eficientes principalmente em condições de solos alcalinos e calcários. Já FAGUNDES NETO (1994), estudando a disponibilidade de P em três solos representativos da região de Mossoró-RN (Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico, Cambissolo eutrófico e Areia quartizosa distrófica), verificou que o extrator Olsen, apresenta os menores teores de P extraídos, não conseguindo correlacionar-se de forma desejável, sendo assim, apresenta seus coeficientes de correlação de matéria verde e seca inferiores aos demais métodos (Mehlich-1, Bray-1 e a Resina trocadora de íons), sendo que destes o que apresentou mais elevados coeficientes de correlação foi o Mehlich-1, tanto para matéria verde como para matéria seca. Em pesquisa, RAIJ (1980), correlacionando fosfóro extraído por diversos extratores com produção de matéria seca em plantas de milho, não conseguiu evidenciar a superioridade da resina trocadora de íons, em relação aos demais métodos, mostrando-se apenas comparável.

No que se refere a absorção de fosfóro pela planta, ERNANI & BARBER (1992) admitem que não só fatores do solo estão envolvidos como também características da planta. CABALA & SANTANA (1983), destacam entre eles, a densidade do sistema radicular, a intensidade de absorção por comprimento de raiz e as mudanças químicas na interface solo-raiz resultante da ativação da própria raiz. Com relação a isso,

SOUZA NETO (1994) afirma que, os métodos disponíveis para extração de P no Brasil, Têm apresentado performances diferenciadas; dadas às dimensões continentais do pais e a alta variabilidade edafoclimática no nosso território, principalmente à baixa correlação quando se tenta avaliar o P absorvido pelas plantas, independentemente da solubilidade da fonte de fosfato empregada.

RAIJ (1978), relata que dentre os nutrientes comumente analisados nas rotinas de laboratório do Brasil, o fósforo tem assumido uma importância fundamental, dadas as peculiaridades do mesmo, tanto em termos de dinâmica do sistema solo-água-planta, quanto pela forma aniônica que este nutriente é absorvido pelas plantas superiores.

De acordo com Bray & Kurtz e Payne & Hanna, citados por PEREIRA & FARIA (1978), os vários métodos de extração de fósforo removem diferentes quantidades, isto devido principalmente à natureza química dos extratores, às características do solo e às formas com que o P se encontra no solo, em consequência disso, os autores Cho & Caldwel e Welch et alii, também citados por PEREIRA & FARIA (1978), dizem que a maioria dos métodos usados para a avaliação do P disponível dão correlações para solos com propriedades semelhantes.

Em trabalho publicado por TANAKA et alii (1981), os autores não conseguiram diferença dos coeficientes entre os extratores empregados, qualquer que fosse o parâmetro da planta nos tratamentos com super fosfato simples. Verificou-se também que quando a fonte utilizada foi o fosfato de Patos-de-Minas, o extrator Olsen teve menor eficiência em predizer a produção de matéria seca e o fosfato

acumulado na planta. Para esta última fonte, o extrator Mehlich-1 apresentou maior poder de extração, indicando nesse caso, seu maior poder de solubilização, principalmente de fósforo ligado a cálcio. Houve porém uma baixa capacidade de predição desse extrator biácido, no que se refere á disponibilidade (absorção) de fósforo pelas plantas de milho, o que revela uma limitação do método o para o solo estudado (Latossolo Roxo distrófico).

BAHIA FILHO et alii (1983), comparando a sensibilidade de extratores químicos à capacidade tampão do fósforo, relataram que os teores obtidos pelos extratores Mehlich-1 e Bray-1, estão relacionados com o fator quantidade, que explicou cerca de 36% da variação observada nesses teores. Com a inclusão do fator capacidade ocasionou, em ambos os casos, um incremento do fator de predição (coeficiente de determinação) dos modelos de 365 para 89 e 91%, respectivamente, pelos extratores Mehlich-1 e Bray-1.

Segundo Fassbender (1975), Kamprath (1977) e Sanchez (1976) citados por TANAKA (1981), os fosfatos naturais reagem com maior velocidade em solos ácidos . Wutke et alii (1962) também citados por TANAKA (1981), observaram que a disponibilidade de fósforo do fosfato Araxá e da fosforita-de-Olinda foram beneficiadas pela elevação do mesmo, aumentando a produção de massa.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado com solo pertencente à vila Ceará, localizada no município da Serra do Mel, distante 70 km da cidade de Mossoró. A seguir, serão descritas todas as fases da condução do experimento.

3.1. Os pedomateriais

Foram coletadas amostras sub superficiais (20-40cm) em solo Areia Quartzosa distrófica (Quartzpsament). As amostras foram secas ao ar e peneiradas em peneira com malhas 2,0 mm de abertura. Após homogeneização da amostra foram tomadas sub amostras de 2,0 dm^3, e acondicionadas em vasos com capacidade para 3,0 dm^3.

3.2. Os tratamentos

Os níveis de calagem empregados no presente trabalho foram calculados com base no critério dos teores de alumínio trocável e de cálcio e magnésio. A resposta biológica foi analisada usando-se o milho como planta indicadora. Os tratamentos estão apresentados no QUADRO 1. Nos cálculos das quantidades (doses) foram considerados os seguintes teores: - Superfosfato simples, 18% de P_2O_5; -

Carbonato de cálcio P. A., 58% de CaO e Cloreto de magnésio P. A., 42% de MgO.

QUADRO 1. Tratamentos empregados no experimento

Tratamento	Super simples	$CaCO_3$	$MgCl_2$
	---------- kg/ha ----------		
T1	0	0	0
T2	0	2.800	200
T3	150	0	0
T4	150	2.800	200
T5	250	0	0
T6	250	2.800	200
T7	350	0	0
T8	350	2.800	200
T9	400	0	0
T10	400	2.800	200

Após a aplicação dos tratamentos os vasos permaneceram incubados por um período de 15 dias, e eram umedecidos diariamente, com água deionizada, com 70% da capacidade de campo.

Uma semana antes do termino do período de incubação foi aplicado em cada vaso, nitrogênio a base de sulfato de amônio (PA) na dosagem de 5 mg/l em todos os tratamentos, inclusive na testemunha. A colocação do sulfato de amônio foi feita no centro de cada vaso, considerando a alta solubilidade da fonte empregada e mobilidade do nitrogênio no solo.

Com o fim do período de incubação os vasos foram levados para a casa de vegetação quando procedeu-se o plantio.

3.3. Condução na casa de vegetação

Os ensaios foram distribuídos em delineamento fatorial com parcelas subdivididas e os tratamentos dispostos em blocos ao acaso.

Utilizou-se como planta teste, o milho (*Zea mays* L.) híbrido AG 612, Sendo utilizado no plantio 5 sementes por vaso, 4 dias após o plantio ocorreu a germinação e 10 dias após foi feito o desbaste deixando-se 3 plantas por vaso.

3.4. Resposta biológica

Foram empregadas plantas de milho (cultivar AG 612), nas condições de estufa, para representar e testar a disponibilidade de fósforo e a resposta biológica aos tratamentos empregados.

As plantas foram cultivadas em dois ciclos sucessivos de 30 dias. Ao final de cada ciclo era obtida a matéria verde e matéria seca do material coletado. O material então, foi passado em moinho para que em seguida fosse feita a digestão pelo método descrito por MORAIS & RABELO (1986), e assim obter os teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio e sódio acumulados nas plantas.

3.5. Disponibilidade de fósforo

Ao final do segundo ciclo foi avaliada a disponibilidade de fósforo empregando-se os extratores

Mehlich-1, Bray-1, Bray-2 e Olsen. Para esses parâmetros foram empregadas análises de correlação entre os teores do nutrientes no solo e o extraído, contido na matéria seca das plantas.

3.6. Fertilidade do solo

Ao final do segundo ciclo de cultivo, os vasos foram subdivididos em três profundidades (0-4, 4-8 e 8-12), e então foram efetuadas leituras de pH, dos teores de Ca, Mg e Al trocáveis e P, K e Na para que então pudesse ser feita avaliação da fertilidade atual do solo, tais analises foram feitas com orientação do Manual de Métodos de Analise do Solo (EMBRAPA, 1979).

Os nutrientes trocáveis Ca, Mg e Al foram determinados pela extração com HCl 1,0N e determinação por volumetria de complexação. Os teores de Na e K foram determinados por fotometria de chamas de emissão, utilizando-se o mesmo o extrator Mehlich, que também é usado para determinar o fósforo assimilável. Em todos os extratores o fósforo extraído foi dosado empregando-se o método complexo fosfomolíbdico conforme MCKEAGUE, 1978.

3.7. Os extratores químicos

No presente trabalho foram utilizados os seguintes extratores:

- Mehlich-1 (H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N);
- Bray-1 (NH_4F 0,03N + HCl 0,025N);
- Bray-2 (NH_4F 0,03N + H_2SO_4 0,03N);
- Olsen ($NaHCO_3$ 0,5N a pH 8,5).

O Mehlich foi obtido conforme descrito para P assimilável (EMBRAPA, 1979), e os demais conforme descrito por McKEAGUE (1978).

A proporção de solo:extrator utilizada foi de 1:10, tempo de agitação de 15 minutos e repouso de 12 horas. A determinação do P foi feita com o emprego do complexo fosfomolíbdico com redutor de ácido ascórbico em comprimento de onda de 650mm.

3.8. Delineamento experimental

O ensaio foi delineado em esquema fatorial com parcelas sub divididas, conforme tratamentos apresentados no Quadro 2. Na estufa os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, com 3 repetições

QUADRO 2. Distribuição dos tratamentos (A- parcelas; B- subparcelas).

Tratamento (fosfatagem)	Tratamento B (calagem)	
	Bo 9(sem)	B1 (com)
Ao	AoBo (T1)	AoB1 (T2)
A1	A1Bo (T3)	A1B1 (T4)
A2	A2Bo (T5)	A2B1 (T6)
A3	A3Bo (T7)	A3B1 (T8)
A4	A4Bo (T8)	A4B1 (T10)

3.9. Processamento dos dados

Em todas as variáveis dependentes avaliadas serão efetuadas análises estatísticas por meio de processamento eletrônico de dados, empregando-se o software SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, MG.

Os procedimentos serão efetuados conforme o Quadro de ANAVA, sugerido em GOMES (1976).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da fertilidade do solo nos vasos

4.1.1. Reação do solo

Como se sabe a reação do solo é um dos critérios mais importantes a ser observado. Sua importância não pode ser subestimada, pois afeta os microorganismos e vegetais superiores, além de influir em quase todos os nutrientes e em diversos outros elementos que participam da nutrição vegetal (RAIJ, 1991).

No solo em estudo, ocorreu variação do pH de ácido para alcalino (FIGURA 1), na presença de calagem. Isso deve-se a baixa capacidade tampão que este solo apresenta. Podemos observar então que não seria possível as plantas absorverem o fósforo que foi aplicado, pois, esse elemento só encontra-se disponível, ou seja, ele só passa de fi-lábil para lábil e em seguida para a solução do solo em faixas de pH que variem de 6,0 à 7,0.

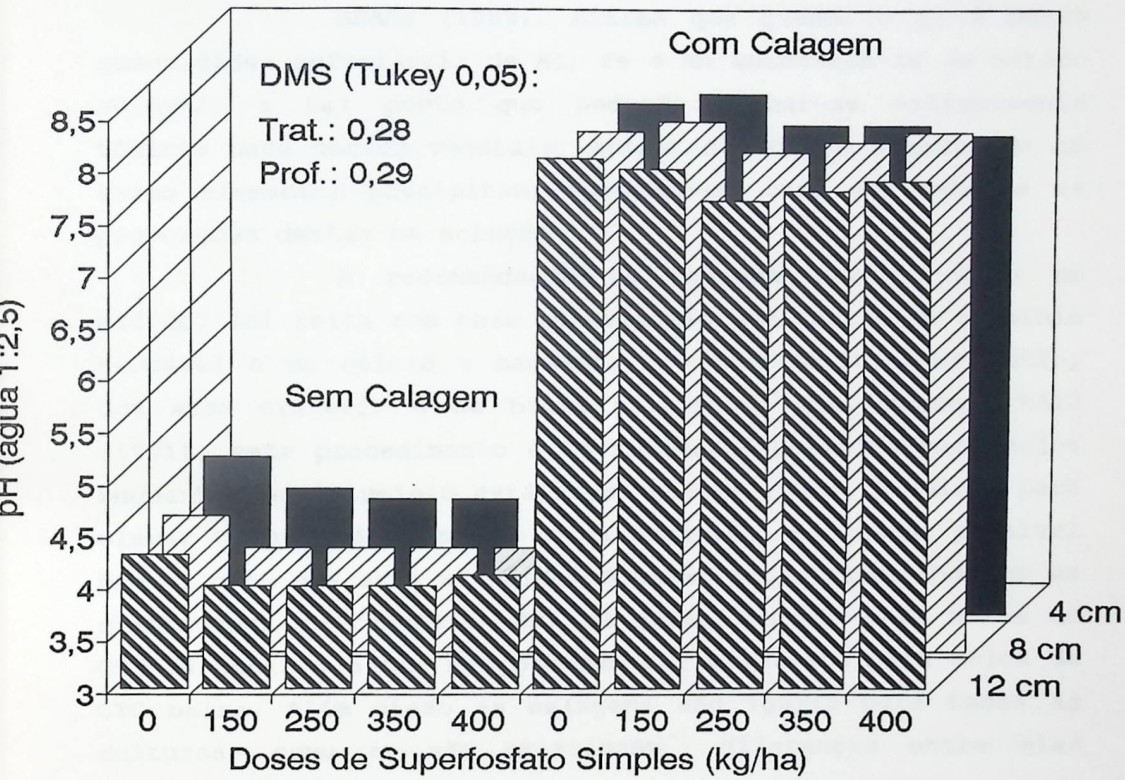


FIGURA 1. Variação no pH do solo em função dos tratamentos aplicados em 3 profundidades dos vasos.

Esse incremento acentuado no pH do solo ocorreu devido a aplicação de $CaCO_3$, com isso, os íons de P que estavam adsorvidos ao Al passaram então a serem adsorvidos ao Ca.

BRADY (1989), Afirma que quando o pH é baixo quantidades apreciáveis de AL, Fe e Mn encontram-se em estado solúvel, a tal ponto que poderão tornar-se extremamente tóxicos para certos vegetais, entretanto com o aumento do pH esses elementos precipitam, tornando-se cada vez menores as proporções destes na solução.

A recomendação de calagem para o solo em estudo, foi feita com base no critério dos teores de alumínio trocável e de cálcio e magnésio, podendo-se observar então, que esse critério é de baixa eficiência que, segundo RAIJ (1991), este procedimento é teoricamente perfeito para solos enquanto só o alumínio está sendo neutralizado. A adição para elevar Ca e Mg é feita de forma empírica, não sendo possível prever o pH que será atingido. O mesmo autor ainda diz que as quantidades de calcário são, em geral, baixas para solos de CTC de média a alta, mas podendo ser excessiva para solos de CTC baixa. Além disso as calagens são iguais para todas as culturas, como se não existissem diferenças entre elas quanto à tolerância à acidez.

4.1.2. Cátions trocáveis

Os resultados obtidos para o Cálcio, não apresentaram diferença significativa entre as profundidades (QUADRO 3), ou seja, pode-se verificar que houve deslocamento desse elemento nas diferentes profundidades analisadas. Mas, com relação aos tratamentos, pode-se observar que houve

diferença na ausência e presença de calagem, verificando-se assim que nos tratamentos com calagem, as quantidades de cálcio aplicadas reduziram a acidez do solo, com o aumento do potencial hidrogeniônico (pH).

BRADY (1989) afirma que, quando aplica-se alguma forma de calcário ou composto básico de cálcio a um solo ácido, os íons cálcio tomam o lugar do hidrogênio e de outros cátions. Cresce a montante de cálcio permutável e decrescem os montantes de hidrogênio e alumínio, por conseguinte, eleva-se o pH do solo.

O potássio teve comportamento semelhante ao apresentado pelo cálcio no que se refere as profundidades e aos tratamentos, já quando se refere a correlação entre ambos esta não foi significativa. Tal fato é corroborado por BRADY (1989), quando afirma que as aplicações de calcário resultam num aumento do poder de fixação do potássio no solo. Sob condições normais de calagem, isto seria mais benéfico do que prejudicial, face a conservação de potássio, submetido a tais influências. Desse modo, o potássio de solos submetidos a calagem amplas, não será lixiviado , de maneira tão drástica como o existente nos solos ácidos. Afirmativa semelhante e registrada por MELLO et alii (1984), ressaltando que quando saturou materiais de solo com H^+ e NH_4^+ encontrou uma baixa fixação de potássio, mas quando o material saturado foi o Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+} e Ba^{2+} a fixação do potássio foi muito mais elevada.

Stanford, Kelly e Pierre, citados por MELLO et alii (1984), constataram que solos ricos em $CaCO_3$ continham menor K trocável que solos vizinhos com baixos teores de $CaCO_3$ e que solos com altos teores deste carbonato tinham

maior capacidade de fixar potássio que solos neutros e ácidos.

QUADRO 3. Teores de cálcio trocável no solo nas diferentes profundidades de coleta nos vasos após dois ciclos de cultivo.

Tratamentos	Médias	Profundidades (cm)		
		0-4	4-8	8-12
		---------- $cmol_c/kg$ ---------		
1	0,55	0,57	0,57	0,50
2	2,78	2,67	2,90	2,77
3	0,63	0,67	o,63	0,60
4	2,74	2,80	2,60	2,83
5	0,71	0,83	0,67	0,63
6	2,52	2,30	2,90	2,97
7	0,78	0,80	0,73	O,80
8	2,82	2,70	2,80	2,97
9	0,88	0,90	0,93	0,80
10	3,00	3,47	2,70	2,83
DMS	TRAT = 0,52		PROF = 0,88	

O comportamento do magnésio no solo apresentou-se semelhante ao do cálcio nas profundidades e nos tratamentos, diferindo apenas entre a interação dos mesmos. E quando compara-se esse elemento com o potássio, é possível ver que o comportamento de ambos apresentou-se semelhante.

Paiva Neto et alii (1951) citado por MALAVOLTA (1976), estudando diferentes tipos de solo, afirma que o magnésio e o cálcio se distribuem de modo semelhante nos solos, os mesmos autores verificam que os teores de magnésio na solução do solo, em geral está entre o de Ca e o de K.

MALAVOLTA (1976), diz que o magnésio é retido com menor energia que o cálcio da solução do solo e por isso, um teor relativamente menor é suficiente para fornecer o elemento para planta. O mesmo autor afirma que em pH próximo de 5,0 a possibilidade de ocorrência de deficiência de magnésio é mínima. Baixando-o ou elevando-o torna-se provável a deficiência devido à pobreza do solo, à competição com H^{+}, Al^{3+}, Fe^{2+}, Mn^{2+} (pH baixo) ou Ca^{2+} e Na^{+} (pH alto).

Citado por MALAVOLTA (1980), Murayama (1972) afirma que importância do magnésio na vida dos vegetais está ligada a sua presença na molécula da clorofila e no papel de elemento ativador de diversas enzimas.

O alumínio apresentou comportamento semelhante ao cálcio entre os tratamentos usados, ou seja, nos tratamentos com calagem, usado para neutralizar o alumínio que é tóxico para as plantas e aumentar o pH do solo. O calcário neutraliza a acidez, representada por H e Al, deixando o solo com cálcio no lugar dos cátions de caráter ácido. O Al é precipitado como hidróxido de Al e o gás carbônico é desprendido (RAIJ, 1991).

Nos tratamentos onde não se usou calagem o alumínio encontra-se em grandes quantidades nas diferentes profundidades analisadas, os teores de alumínio são significativos para as profundidades quando comparados com os do Ca, Mg e K,e apresenta comportamento semelhante ao do

Na. MALAVOLTA (1976), diz que quanto mais baixo o pH, maior o teor de Al encontrado como regra nos solos minerais. O mesmo autor afirma também que o pH é o fator mais importante para o controle do Al solúvel e trocável dos solos.

No QUADRO 4, pode-se verificar que nas profundidades de 0-4cm e 4-8cm não houve diferença significativa nos teores de alumínio para as diferentes doses de fósforo aplicadas. Já na profundidade de 8-12, verifica-se que a testemunha superou as doses de 350 e 400 kg/ha de P_2O_5. Com relação ao alumínio, pode-se observar que com o uso de doses iguais ou superiores a 250 kg/ha de superfosfato simples, houve neutralização desse elemento. Isso devido a fonte de fósforo aplicada conter aproximadamente 50% de gesso com 19% de cálcio.

QUADRO 4. Alumínio trocável no solo nos tratamentos sem aplicação de calagem em função da profundidade de coleta no vaso.

Doses de SS (kg/ha)	Média	Profundidade (cm)		
		0-4	4-8	8-12
		---------- $cmol_c/kg$ ----------		
0	0,38	0,32	0,40	0,42
150	0,34	0,28	0,33	0,40
250	0,34	0,32	0,35	0,35
350	0,30	0,28	0,33	0,28
400	0,29	0,30	0,32	0,25
DMS	DOSE = 0,08		PROF = 0,08	

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

4.1.3. Relações iônicas

Os valores de pH aumentaram excessivamente com a aplicação da calagem, resultado semelhante à relação iônica (Ca + Mg/ K) como se observa no QUADRO 5. Corroborando com a hipótese de que a calagem diminui a absorção de potássio, que pode ser explicado pela relação iônica muito larga desse íon com os cátions bivalentes (Ca e Mg).

O cálcio e o magnésio são os dois iôns contrários mais importantes no processo de troca de absorção do potássio, Beckett (1971); No caso de solos ácidos Tinker (1964), surgeriu a inclusão de alumínio, citados por MALAVOLTA (1976). MELLO et alii (1984) diz que, o aumento dos teores de cálcio, magnésio e até do alumínio ou das atividades desses elementos reduz a absorção do K.

A calagem diminui a disponibilidade do K para as plantas como de fato às vezes acontece. Entretanto, a eliminação da toxidez do alumínio, conseguida pela calagem provoca maior desenvolvimento radicular o que compensa largamente a diminuição na disponibilidade do K. Na prática verifica-se em geral que a calagem de solos muito ácidos, elevando o pH a 6,0 resulta em aumento na absorção de K pela planta, quando a calagem eleva o pH de 6,0 a 7,5, entretanto, poderá haver diminuição na quantidade de K absorvido (MALAVOLTA, 1976), Tal resultado corrobora com o obtido na presente pesquisa, apresentados no QUADRO 3.

Loué (1963) citado por MALAVOLTA (1976), afirma que com o aumento no fornecimento de K para o milho fazendo crescer no meio a relação em questão causou aumento nos teores foliares de K e diminuição nos de cálcio e magnésio o que foi acompanhado de aumento na colheita.

QUADRO 5. Relações iônicas potássio, cálcio e magnésio no solo no final do segundo ciclo de cultivo de milho em casa-de-vegetação.

Tratamentos	$\frac{K}{(Ca + Mg)}$	$\frac{(Ca + Mg)}{K}$
1	0,18	26,3
2	0,09	117,4
3	0,17	30,7
4	0,03	218,5
5	0,10	45,6
6	0,03	193,1
7	0,12	41,7
8	0,07	142,8
9	0,11	46 8
10	0,05	205,6
DMS	0,11	120,0

4.2. Recuperação de fósforo

No QUADRO 6, estão registrados os resultados obtidos para fósforo recuperado, pelos diferentes extratores químicos, no final do segundo ciclo de cultivo.

Verifica-se que não há diferença nos teores de fósforo com profundidade, o mesmo efeito ocorrendo quando analisa a interação desta com os extratores. Isso evidencia-se em decorrência da provável distribuição do adubo fosfatado

dentro dos vasos. Observa-se outrassim efeito significativo da incubação entre os teores de fósforo extraído e os tratamentos aplicados.

QUADRO 6. Recuperação de fósforo aplicado pelos extratores químicos no final do segundo ciclo de cultivo.

Superfosfato	Calagem	Extratores Químicos			
		Mehlich-1	Bray-1	Bray-2	Olsen
0	0	2,8	10,8	4,8	4,0
	3,0	2,3	14,8	9,4	14,4
150	0	15,7	21,4	15,9	38,9
	3,0	17,1	16,6	17,2	14,6
250	0	23,1	25,6	24,3	28,4
	3,0	27,7	24,9	30,0	26,8
350	0	38,9	38,8	35,2	46,4
	3,0	39,0	26,8	43,6	76,7
400	0	42,2	37,4	42,8	47,0
	3,0	47,3	39,2	53,1	74,0
DMS		EXTRATOR = 4,9		TRAT = 6,1	

A interação dos extratores com os tratamentos apresenta efeito significativo, em função das doses crescentes de P_2O_5 empregadas (0, 150. 250. 350 e 400 kg/ha) e também dos diferentes tratamentos (ausência e presença de calagem).

Podemos observar que nos tratamentos onde não se usou calagem, comparando-se os diferentes extratores e as crescentes doses de fósforo aplicadas, com exceção da testemunha, verifica-se que o extrator Olsen apresentou resultado superior aos demais, no tocante à quantidade de fósforo recuperado. O extrator Bray-1 foi o que apresentou maior superioridade na testemunha.

Já nos tratamentos com calagem, pode-se verificar que houve redução na extração de fósforo, sendo que, na testemunha observa-se diferença significativa do Mehlich-1 para os demais extratores, na dose 150 o comportamento de todos os extratores foi semelhante, na dose 250, somente o Bray-2 foi diferente estatisticamente dos demais e nas doses 350 e 400 o Olsen apresentou-se superior aos demais extratores.

4.2.1. Extratores químicos

Raij (1978) e Sfredo (1979), citados por TANAKA (1981), afirmam que a eficiência de cada extrator está relacionada à fonte de fósforo utilizado e as características do solo.

Os dados da FIGURA 2 , mostra que em todos os casos houve redução nos teores de fósforo recuperado quando se efetivou a calagem, favorecendo provavelmente um maior

consumo do extrator no momento da recuperação do fósforo aplicado.

Podemos verificar também que o Mehlich-1 foi o que extraiu menores quantidades de fósforo, tanto na ausência quanto na presença de calagem. Provavelmente esta menor capacidade de extração se deve à sua menor acidez. Em relação aos demais extratores, resultados semelhantes foram obtidos por FREIRE et alii (1979), quando compararam os teores de fósforo obtidos por diversos extratores. A maior capacidade de extração do Bray-1 e Bray-2, justifica-se porque, além de conterem íon fluoreto na sua composição, este se torna bastante eficiente na extração de fósforo ligado ao alumínio, apresentam maior acidez.

O extrator Olsen apresenta maior agressividade relativa em relação aos demais, ou seja, é possível observar que o Olsen foi o que conseguiu extrair maiores quantidades de fósforo, nos diferentes tratamentos empregados. RAIJ (1978), fazendo uma revisão sobre métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos, diz que o Olsen destaca-se pela a sua superioridade e versatilidade em diferentes condições de solo. FAGUNDES NETO (1994) estudando três diferentes tipos de solo na região de Mossoró-RN, afirma que o extrator Olsen, apresentou os teores de fósforo extraídos não conseguindo correlacionar-se de forma desejável aos demais (Mehlich-1, Bray-1 e Resina trocadoras de íons).

Os extratores Bray-1 e Bray-2 apresentaram proporcionalidade quanto aos teores de fósforo, dando maiores teores para o Bray-2. esse fato pode ser explicado em função das composições desses extratores, sendo o Bray-2 originado da combinação de NH_4F com H_2SO_4, mostrando assim que este

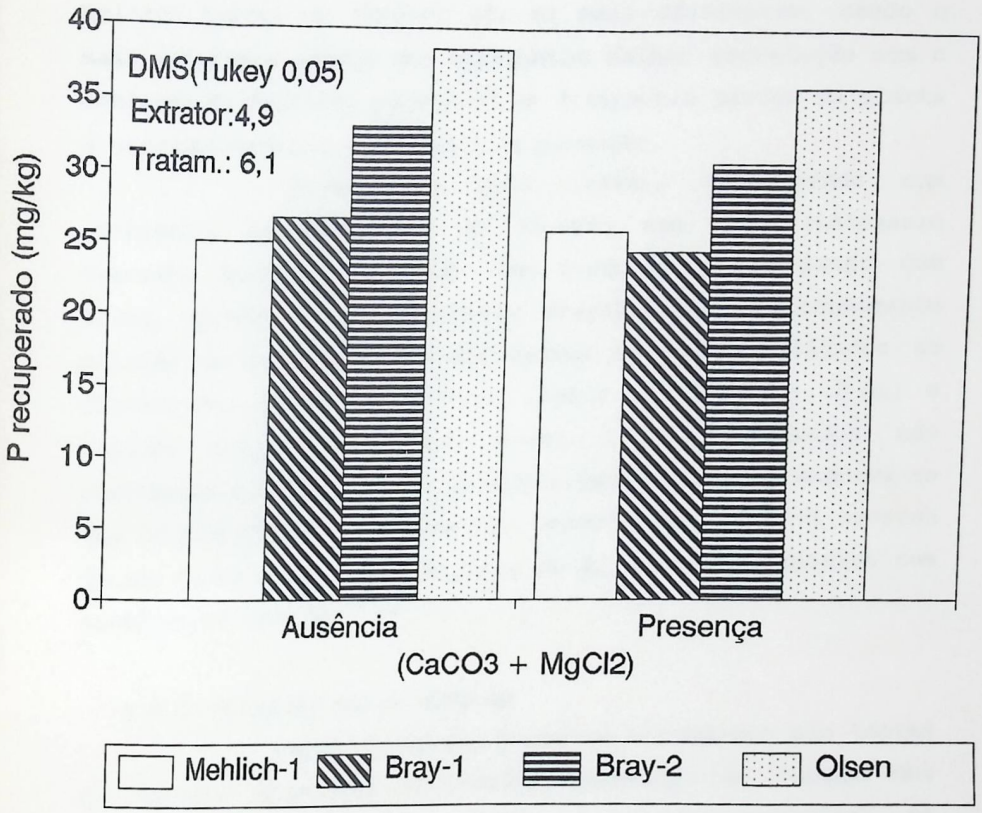


FIGURA 2. Recuperação de fósforo pelos extratores no solo das parcelas experimentais (vasos).

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

possui uma agressividade maior em relação ao Bray-1 que é resultante da combinação de NH_4F com um ácido mais fraco (HCl). Mas contudo, nem sempre os extratores que extraem os maiores teores de fósforo são os mais eficientes, sendo o mais eficiente aquele que apresentar melhor correlação com o conteúdo de fósforo, acumulado em diferentes partes da planta e consequentemente, com dados de produção.

HOLANDA et alii (1994), trabalhando com eficiência de extratores de fósforo num solo (Latossolo Vermelho Amarelo) adubando com fosfatos e cultivado com arroz, verificou que o extrator Bray-1 atuou eficientemente através de íon fluoreto complexando os cátions ligados ao fósforo nas formas de fósforo ligado ao alumínio (P-Al) e fósforo ligado ao ferro (P-Fe). Tais resultados não corroboram com os dados da presente pesquisa, onde observa-se que os maiores teores de fósforo extraído pelo Bray-1 ocorreu quando havia quantidades maiores de Al e nos tratamentos com ausência de calagem.

4.2.2. Extração pelas plantas

Verifica-se que houve um incremento nos teores de fósforo acumulado no tecido vegetal, em função dos tratamentos (FIGURA 3), porém a calagem interfere na acumulação dos teores de fósforo no tecido vegetal.

Isso ocorre porque a calagem provocou alterações no pH, que passou de 4,1 para 7,9, e essas alterações contribuíram para a ligeira redução no conteúdo de fósforo na matéria seca do tecido vegetal. Não havendo também diferença estatística entre a testemunha e as demais doses de fósforo aplicadas.

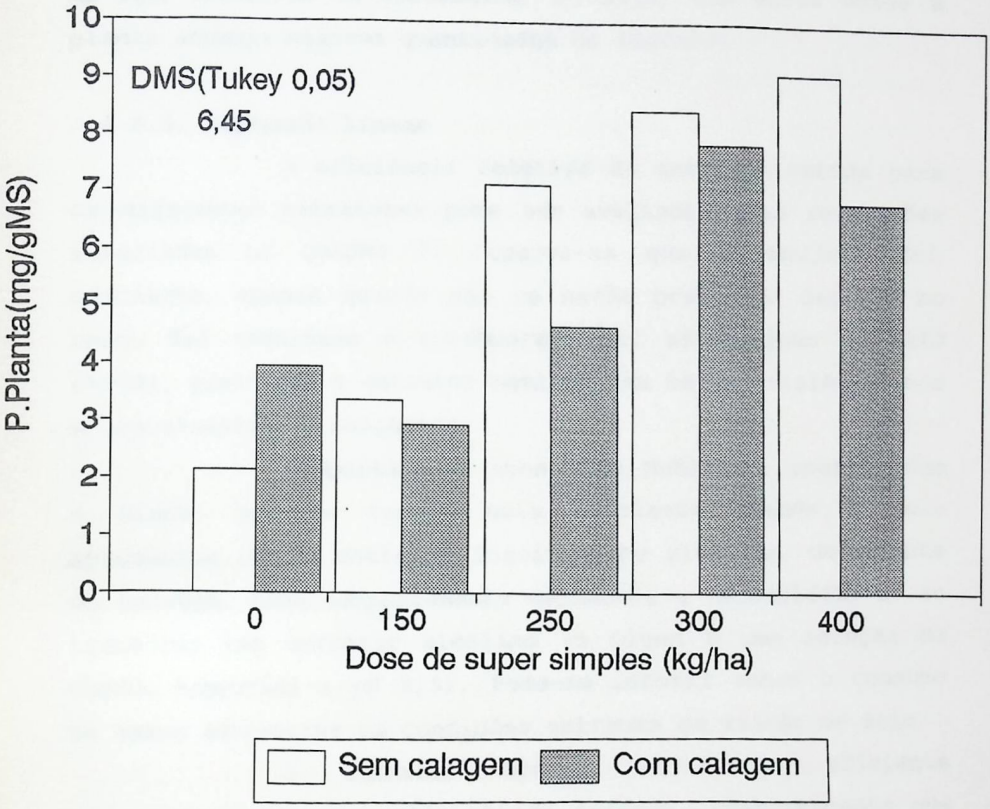


FIGURA 3. Teor médio de fósforo acumulado na matéria seca das plantas no primeiro e segundo ciclo de cultivo.

Quando não se usou calagem, pode-se verificar que não houve diferença estatística entre a testemunha e as doses de 150 e 250 kg/ha de P_2O_5, já as doses 300 e 400 kg/ha de P_2O_5 diferiram da testemunha, ou seja, com essas doses a planta acumula maiores quantidades de fósforo.

4.2.3. Regressão linear

A eficiência relativa de extração obtida para os diferentes extratores pode ser avaliada pelas regressões sumariadas no QUADRO 7. Observa-se que o Mehlich foi eficiente, apenas quando não se havia praticado calagem no solo. Tal resultado é corroborado por afirmativas de RAIJ (1978), posto que o extrator Mehlich tem baixa eficiência nos solos alcalinos e calcários.

Comportamento aposto ao Mehlich-1 ocorreu com o Olsen, que se tornou mais eficiente quando o solo apresentou reação neutra a ligeiramente alcalina, decorrente da calagem. Esse comportamento evidencia a necessidade de se trabalhar com extrator alcalino (o Olsen é uma solução de $NaHCO_3$ tamponada a pH 8,5). Pode-se inferir sobre o consumo de ambos extratores em condições extremas de reação de solo.

O extrator Bray-2 mostrou-se eficiente independentemente da aplicação da calagem, comportamento que pode ser explicado pela presença de H_2SO_4 com NH_4F na preparação do citado extrator. Depreende-se, preliminarmente desses resultados, que o extrator Bray-2 é mais eficiente em termos de simulação de extração de fósforo pelas plantas e o seu rendimento relativo. Em condições de pH elevado o Olsen se constitui mais eficiente. O Bray-1 apresentou-se

semelhante ao Mehlich-1 tanto na ausência quanto na presença de calagem.

QUADRO 7. Parâmetros da equação $y = b_o + b_1x$, ajustada para o conteúdo de P_2O_5 acumulado na matéria seca de plantas de milho (y) e fósforo recuperado (x) e correlação de Pearson no segundo ciclo de cultivo.

Extrator	Calagem	b_o	b_1	r^2	r
Mehlich-1	ausente	1,39	0,1943**	0,9187	0,9858**
	presente	3,06	0,0890**	0,7369	0,8594^{ns}
Bray-1	ausente	-0,86	0,2525**	0,8925	0,9447**
	presente	1,92	0,1436**	0,5753	0,7585^{ns}
Bray-2	ausente	0,01	0,1993**	0,9331	0,9660**
	presente	2,46	0,0912*	0,8015	0,8953*
Olsen	ausente	2,03	0,0944^{ns}	0,6174	0,7857^{ns}
	presente	3,00	0,0678**	0,9520	0,9757**

4.3. Resposta biológica

4.3.1. Matéria verde e matéria seca

As maiores produções de matéria verde e matéria seca foram obtidas com a combinação de fósforo e calagem. Essas evidências do efeito da calagem e da aplicação de fósforo podem ser sumariadas no QUADRO 8. Observa-se que os tratamentos que receberam calagem associada com a

fosfatagem sobressaíram-se na produção de matéria seca e nos teores de fósforo acumulado no tecido vegetal.

QUADRO 8. Produção de matéria verde e matéria seca por plantas de milho em dois ciclos de cultivo em casa-de-vegetação.

$Ca(H_2PO_4)_2$	$CaCO_3$	Matéria verde		Matéria seca	
		1°Periodo	2°periodo	1°periodo	2°periodo
(kg/ha)	(mg/ha)	----------	(g/vaso)	----------	
0	0	2,79	2,41	0,71	0,50
	3,0	5,67	4,89	1,43	0,99
150	0	1,82	2,69	0,40	0,50
	3,0	6,10	4,33	1,19	0,91
250	0	2,90	2,90	0,55	0,60
	3,0	6,71	4,99	1,38	1,01
350	0	2,69	3,29	0,54	0,68
	3,0	7,40	4,48	1,23	0,78
400	0	2,82	2,89	0,50	0,59
	3,0	6,07	4,44	1,12	0,82
DMS		3,32	1,01	0,52	0,43

O efeito na produção de matéria verde para o solo em estudo, em todas as doses de P_2O_5 aplicadas é atribuído a altas concentrações de fósforo em solução, o que pode ser explicado pela baixa capacidade tampão que normalmente ocorre nos solos excessivamente arenosos (KAMPRATH & WATSON, 1980).

A inferência à capacidade tampão, esclarece no que diz respeito às maiores produções de cada solo. Desse modo, quanto maior a capacidade tampão de um solo, menor a absorção de fósforo por unidade de fósforo aplicado. Como consequência para se promover determinado aumento na absorção de fósforo pelas plantas, devem-se aplicar maiores quantidades de fósforo nos solos com alta capacidade tampão, que nos solos com baixa capacidade tampão; Isso porque, quanto maior a capacidade tampão do solo, menor a proporção de fósforo aplicado que permanece em solução (GALRÃO & VOLKWEISS, 1981). Sendo assim a capacidade tampão é um fator relevante e esclarecedor na avaliação da disponibilidade de fósforo nos solos (NOVAES & KAMPRATH, 1979; GALRÃO & VOLKWEISS, 1981; BAHIA FILHO et alii, 1983; DELAZARI et alii, 1983; FABRES at alii, 1987; GONÇALVES et alii, 1989; LINS et alii, 1989 e GJORUP et alii, 1993).

O QUADRO 9 mostra as quantidades obtidas na produção de matéria seca, fósforo recuperado pelos diferentes extratores e fósforo acumulado nos dois ciclos de cultivo.

Na produção de matéria seca não houve diferença para as doses crescentes de fósforo aplicadas, tanto na ausência como na presença de calagem.

Os teores de fósforo recuperados pelo Mehlich-1, não diferem dos recuperados pelo Bray-2 na ausência de

calagem, na presença da calagem ambos apresentam a testemunha e a dose 400 kg/ha de P_2O_5 superiores as demais.

QUADRO 9. Produção de matéria seca (MST), fósforo recuperado pelos diferentes extratores e fósforo acumulado nos dois ciclos de cultivo (PACT) de milho em casa-de-vegetação.

TRAT	CALAGEM	MST	Fósforo Recuperado				PACT
			Mehlich-1	Bray-1	Bray-2	Olsen	
0	1	1,21	2,8	10,8	4,8	4,0	1,78
	2	2,42	2,3	14,8	9,4	14,4	3,33
150	1	0,90	15,7	21,4	15,9	38,9	2,85
	2	2,10	17,1	16,6	17,2	14,6	3,40
250	1	1,15	23,1	25,6	24,3	28,4	5,20
	2	2,39	27,7	24,9	30,0	26,8	4,99
350	1	1,22	33,9	38,8	35,2	46,4	7,27
	2	2,01	39,0	26,8	43,6	76,7	5,93
400	1	1,09	42,1	37,4	42,8	75,0	7,64
	2	1,94	47,3	39,2	53,1	47,0	5,79
DMS		0,31	EXTRATOR = 4,9			TRAT = 6,1	

No método Bray-1, as doses 150 e 250 kg/ha P_2O_5 não diferem entre si, bem como as doses 350 e 400 kg/ha P_2O_5, sendo que, ao comparar-mos a testemunha com as doses de fósforo aplicadas verifica-se que todas são significativas e também as doses 150 e 250 diferem das doses 350 e 400, apenas na ausência de calagem. Quando se usou calagem, a dose 400 foi superior às demais, não há diferença entre as doses 250 e 350 e nem entre a testemunha e a dose 150 kg/ha P_2O_5.

O Olsen apresenta efeito significativo entre a testemunha e as demais doses, onde não se aplicou a calagem. A dose 350 conseguiu recuperar mais de 70% do fósforo acumulada na matéria seca quando se usou calagem.

Ainda com relação ao Mehlich-1, apesar deste ter comportamento semelhante ao Bray-2 e mais vantajoso optar pelo uso do Mehlich-1, pois, este apresenta maior praticidade, custos mais reduzidos, além de que com esse método ainda pode-se determinar potássio e sódio.

4.3.2. Acumulação de macronutrientes

Com o auxílio do QUADRO 10, pode-se verificar que houve efeito significativo na acumulação do fósforo na matéria seca no primeiro cultivo, onde os tratamentos 7 e 9 foram superiores aos tratamentos 1, 2, 3 e 4. E para o segundo ciclo, não houve diferença entre os tratamentos usados, provavelmente devido a baixa fertilidade natural, e baixa capacidade tampão do solo. A cultura absorveu o fósforo que se encontrava disponível no primeiro cultivo, esgotando o ambiente em fósforo.

As quantidades de fósforo absorvidas pela planta, aumentaram com as doses de fósforo adicionadas e na

presença e ausência de calagem, sendo que, na presença de calagem as quantidades absorvidas foram maiores. Segundo BRADY (1989), a atividade do fósforo no solo esta indiretamente relacionada com o pH, pois, quando aumenta-se a acidez do solo, há incremento nas atividades de ferro, do alumínio e do magnésio, Sob tais condições, os fosfatos solúveis permanecem acentuadamente "fixados" como compostos insolúveis e complexos destes elementos. Esta fixação é por demais séria, quando o pH do solo se posiciona abaixo de 5.

O potássio apresentou comportamento semelhante ao fósforo e ao magnésio. Ou seja, houve diferença significativa no primeiro cultivo, onde o tratamento 10 (dez) superou todos os tratamentos que não possuíam calagem. Não há diferença significativa no segundo cultivo, sendo que, as quantidades de magnésio acumuladas foram inferiores as do potássio e as de cálcio.

A literatura contém muitas referências ao "antagonismo" entre magnésio e cálcio de um lado e magnésio e potássio de outro: o aumento na concentração de um elemento no meio implica na diminuição da absorção do outro (MALAVOLTA, 1980).

Para o cálcio, há efeito significativo em ambos os cultivos entre os tratamentos. Onde os tratamentos com calagem são superiores aos que não possuem calagem, isso porque a calagem favorece a absorção do cálcio.

Verifica-se também que o sódio apresenta efeito significativo em ambos os cultivos entre os tratamentos, sendo o tratamento 6 (com calagem) superior aos demais em ambos os ciclos.

QUADRO 10. Macronutrientes acumulados na matéria seca produzida em dois ciclos de cultivo de milho em casa-de-vegetação.

Trat	P		K		Ca		Mg		Na	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
	mgP/KgMS									
1	0,95	0,83	8,11	7,56	5,25	3,58	2,64	1,61	6,35	3,82
2	1,54	1,79	9,69	9,51	12,04	7,43	5,18	4,12	9,41	7,89
3	1,62	1,23	5,81	7,31	3,03	3,31	1,75	1,82	2,62	3,69
4	1,79	1,61	10,78	9,64	10,06	8,51	5,04	1,72	9,95	7,53
5	2,46	2,74	7,86	9,44	3,97	4,48	2,75	2,13	3,96	5,23
6	3,38	1,61	11,48	8,11	10,38	7,60	5,36	3,58	10,22	8,37
7	4,16	3,11	8,13	9,83	3,63	5,08	2,34	3,11	3,75	5,21
8	2,89	3,04	12,30	6,94	9,62	7,12	3,89	2,40	7,99	7,59
9	4,39	3,25	8,10	8,12	3,73	4,40	2,23	2,43	3,96	4,72
10	2,78	3,01	13,05	7,64	8,43	6,74	4,01	3,08	6,83	5,63
DMS*	2,09	4,12	4,28	5,78	7,11	3,74	4,43	3,05	5,27	5,49

(*) Tukey à 0,05

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

4.4. Correlação e regressão

Os dados da matriz de correlação simples entre os teores de fósforo acumulado na matéria seca e o fósforo recuperado pelos extratores nas diferentes profundidades constam no QUADRO 11.

QUADRO 11. Matriz de correlação simples entre os teores de fósforo acumulado na meteria seca e o fósforo recuperado pelos extratores nas diferentes profundidades de amostragem.

Fósforo acumulado	Prof	Fósforo recuperado			
		Mehlich-1	Bray-1	Bray-2	Olsen
	cm	----------	mg/kg	----------	
1°	0-4	0,3283*	0,2899^{ns}	0,3431*	0,2963^{ns}
cultivo	4-8	0,6651**	0,4135*	0,4656**	0,4352**
	8-12	0,7154**	0,6053**	0,7209**	0,5543**
2°	0-4	0,4634**	0,2775^{ns}	0,3133*	0,2500^{ns}
cultivo	4-8	0,5776**	0,4868**	0,4913**	0,2884^{ns}
	8-12	0,3903*	0,3002^{ns}	0,4663**	0,3482*

Há uma ampla equivalência entre o primeiro e o segundo cultivo nas diferentes profundidades analisadas, em avaliar o fósforo acumulado na matéria seca e o fósforo recuperado pelos extratores.

Em ambos os ciclos, observa-se a superioridade dos métodos Mehlich-1 e Bray-2, Sendo então, os que

apresentam maiores coeficiente de correlação dentre os demais, essa superioridade pode ser explicada em virtude do comportamento crescente na produção de matéria verde em função das doses crescentes de P_2O_5 aplicadas. Os métodos Bray-1 e Olsen apresentaram correlação negativa na profundidade de 0-4cm e positiva para as profundidades de 4-8 e 8-12cm no primeiro cultivo. Já para o segundo cultivo, o Bray-1 foi apresenta correlação positiva apenas para a profundidade de 4-8cm e o Olsen a de 8-12cm, como mostra o QUADRO 11.

O Mehlich-1 foi o extrator que apresentou correlação superior com as doses aplicadas para os dois ciclos de cultivo, constatando assim que o Mehlich-1 foi o extrator que apresentou melhores perspectivas para uso em trabalhos de rotina que visem avaliar a disponibilidade de fósforo para as plantas cultivadas nos solos álicos da Serra do Mel, trabalhados no presente trabalho. A superioridade desse extrator se torna mais relevante quando se tem dados compatíveis ou até mesmo superiores dos coeficientes de correlação.

Para ambos os cultivos o método Olsen foi o que apresentou as maiores quantidades de fósforo, em relação aos demais, mesmo assim, não houve correlação significativa com o fósforo recuperado, principalmente no segundo cultivo. Tal resultado contraria os dados levantados por RAIJ (1978), quando coloca o Olsen como sendo um extrator versátil em diferentes condições de solo. Já FAGUNDES NETO (1994), obtive os resultados semelhantes apresentados na presente pesquisa, e diz que tal fato pode estar relacionado com a utilização de uma fonte solúvel de fósforo.

QUADRO 12. Parâmetros das equações de regressão ($y = b_o + b_1x$) ajustadas para fósforo recuperado pelos extratores (x) e fósforo na matéria seca das plantas (total dos dois cultivos).

Extrator	Calagem	Parâmetros		
		b_o	b_1	r^2
Mehlich-1	ausente	1,058	0,1654**	0,9510
	presente	2,915	0,0664**	0,8747
Bray-1	ausente	0,517	0,1787*	0,7610
	presente	1,936	0,1125*	0,7532
Bray-2	ausente	0,778	0,1695**	0,9651
	presente	2,927	0,0598**	0,8937
Olsen	ausente	1,756	0,0828*	0,6789
	presente	3,183	0,0419*	0.7707

* excede o nível 0,05; ** excede o nível 0,01 (Tukey)

RAIJ (1978) e CABALA & SANTANA (1983), dizem que a principal limitação dos extratores ácidos, ocorre quando são empregados fosfatos naturais ou quando são empregados no solo resíduos de adubação fosfatada, em tais solos esses extratores acusam altos teores de fósforo, muitas vezes em condições de extrema deficiência.

O QUADRO 12 mostra que o Mehlich-1 e o Bray-2 apresentam os maiores coeficientes de determinação (r^2) tanto

na ausência como na presença de calagem, ou seja, ambos os métodos são eficientes na recuperação de fósforo do solo em estudo, devendo-se então optar pelo método que apresentar maior facilidade de manuseio e menores custos.

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, nas condições experimentais, pode-se extrair as seguintes conclusões:

a) O método utilizado para se calcular a necessidade de calagem teve baixa eficiência, pois, a reação do solo passou de ácida para alcalina;

b) com o aumento do pH, houve redução nos teores de Al trocável, aumento de ca e Mg e aumento da relação iônica (Ca + Mg/K);

d) na ausência de calagem o método Olsen foi superior aos demais, na recuperação de fósforo, e na presença houve redução na extração de fósforo em todos os extratores;

e) a calagem interferiu na acumulação de P no tecido vegetal, mesmo assim, houve aumento na acumulação de fósforo nas plantas;

f) as maiores produções de matéria verde e matéria seca foram obtidas com a combinação da fósforo e calagem;

g) os teores de Ca, Mg, K e P sofreram variação do primeiro para o segundo cultivo.

h) os extratores Mehlich-1 e Bray-2 apresentaram comportamento semelhante, tanto na ausência quanto na presença de calagem.

6. RESUMO

Os pedomateriais no município de Serra do Mel, RN são latossolos Vermelho-amarelo (Torrox) e Areias Quartzosa distrófica (Quarzipsaments). São solos de textura arenosa, com baixa capacidade de troca de cátions, e com teores de fósforo assimilável quase sempre inferiores a 1,0 mg/kg. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a disponibilidade de fósforo para plantas, frente a aplicação de doses crescentes de fósforo, em solos endoálicos com e sem calagem. Coletou-se amostras subsuperficiais na profundidade de 20-40cm. Foram empregadas plantas de milho (cultivar AG 612) em dois cultivos sucessivos de 30 dias, no final de cada período foram obtidos a produção de matéria verde e matéria seca, e em seguida, obtido os teores dos íons trocáveis no solo e do fósforo recuperado pelos extratores Mehlich-1, Bray-1, Bray-2 e Olsen. Verificou-se redução nos teores de alumínio trocável e aumento de cálcio e magnésio nos tratamentos com calagem. Quanto ao fósforo recuperado verificou-se que houve redução nas quantidades de fósforo extraído na presença de calagem, O Bray-2 apresentou comportamento semelhante ao Mehlich e o Olsen foi o que apresentou maior "agressividade relativa" na ausência de calagem.

7. LITERATURA CITADA

BAHIA FILHO, A. F. L. ; BRAGA, J.M.; RIBEIRO, A. C. & NOVAES, R. F. Sensibilidade de extratores químicos a capacidade tampão de fósforo. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V.7, n.3, p. 243-249, set/dez 1983.

BRADY, N. C.; Natureza e propriedade dos solos. 7ª ed, Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 898p.

CABALA, R. P. & SANTANA, M. B. M. Disponibilidade de fósforo e diagnostico de P pela análise química do solo com referência ao Brasil. **R. bras. Ci. Solo.** Campinas, V.7, n.1, p. 55-60, maio/ago 1983.

DELAZARI, P. C.; BRAGA, J. M. & NOVAES, R.F. Parâmetros de fósforo em função de características químicas e físicas de solos. **R. bras. C. solo.** Campinas, V.7, n.1, p. 55-60. maio/ago 1983.

EMBRAPA. S.N.L.C.S. **Manual de métodos de análises de solo.** Rio de Janeiro, 1979. "não paginado".

ERNANI, P. R. & BARBER, S. A. Uso de um modelo mecanístico de para predizer a disponibilidade de P no solo afetada pela aplicação de sais de cálcio. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V.16, n.1, p. 89-93, jan/abril 1992.

FABRES, A. S.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. & CORDEIRO, A. T. Níveis críticos de diferentes frações de fósforo em plantas de alface cultivadas em diferentes solos. **R. bras. C. Solo**, Campinas, V.11, n.1, p. 51-57, jan/abr. 1987.

FAGUNDES NETO, A. L. **disponibilidade de fósforo em três solos representativos da região de Mossoró-RN**, Mossoró: ESAM, 1984, 25p. , Monografia (Graduação em Agronomia) - ESAM.

FONSECA, J. W. **Fixação de fósforo em três solos do município de Mossoró-RN**, Piracicaba: ESALQ. 1977, 53p. (tese: Mestrado em solos e nutrição de plantas).

FREIRE, F. M.; NOVAIS, R. F.; BRAGA, J.M.; FRANÇA, G.E., SANTOS, H.L. & SANTOS, P. R. R. S. Adubação fosfatada para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) *merritl*) baseado no fósforo "disponível" em diferentes extratores químicos e no "fator capacidade". **R. bras. C. Solo.** Campinas, V.3, n.2, p. 105-111, 1979.

FURLANI, P. R. Efeitos fisiológicos do alumínio em plantas. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2. 1989. Piracicaba, Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.73 - 86.

BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

GALRÃO, E. Z. & VOLKWEISS, S. J. Disponibilidade de fósforo para as plantas. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V.5, n.2, p. 114-118, 1981.

GJORUP, G. B.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F. & NEVES, J. C. L. Avaliação do método do papel aniônico como extrator de P disponível do solo. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V.17, n.1, p.417-422, set/dez 1993.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 6ª ed. Piracicaba, São Paulo : Nobel, 1976.

GONÇALVES, J. L. M.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. & RIBEIRO, A. C. Cinemática de transformação de P-lábil e não-lábil, em solos do cerrado. **R. bras. C. Solo.** campinas, V.13, n.1, p.13-24, jan/abr 1989.

GUILHERME, L. R. G.; CURI, N. & GUEDES, G. A. A. Calagem e disponibilidade de fósforo para o arroz irrigado cultivado em cas de vegetação. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V.13, n.3, p. 341-347, set/dez 1989.

HOLANDA, J. S. et alii. Eficiência de extratores de fósforo num solo adubado com fosfatos e cultivado com arroz. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTA, 21., 1994, Petrolina,PE. **Anais...** Petrolina, PE: SBCS/ EMBRAPA-CPTSA, 1994, V.1, p. 46-48.

KAMPRATH, E. J. & WATSON, M. E. Conventional soils and tessue tests for assessing the phosphorus status of soils. In: KHASAWNEH, F. C.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J., ed. the role of phosphorus in agriculture. Marison, American Society of Agronomy, 1980. p. 433-469.

LINS, I. D. G.; COX, F. R. & SOUZA, D. M. G. Teste de um modelo matemático para otimizar a adubação fosfatada na cultura da soja em solos sob cerrado com diferentes teores de argila. **R. bras. c. solo**. Campinas, V.13, n.1, p. 65-73, 1989.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1976. 529p.

McKEAGUE, J. A. **Manual on soil sampling and methods of analusis**. 2ª ed. Canadias Society of Science. Canadá. 1978.

MELLO et alii. **Fertilidade do Solo**. 2ª ed. São Paulo: 1983.

MORAIS, J. F. V. & RABELO, N. A. **Um método simples para digestão de amostras de plantas**. Brasília. EMBRAPA/DDT, 1986. 12p.

NOVAES, R. F.; KANDRATH, E. J. Fósforo recuperado em três extratores químicos como função do fósforo aplicado no

solo e do fator capacidade. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V.3, n.1, p. 41-46, jan/abril 1979.

OLIVEIRA, M. et alii. Disponibilidade de fósforo pelos extratores Mehlich, Bray e Resina trocadora de ions em solos de áreas produtoras de melão do estado do Rio Grande do Norte. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina, Pe. Anais..., Petrolina, Pe: SBCS/ EMBRAPA - CPATSA, 1994, V.1, p. 135-137.

PEREIRA, J. R. & FARIA, C. M. B. Disponibilidade de fósforo aplicada em um vertissolo do médio São Francisco, avaliada por método químico. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V.2, n.2, p. 125-128, maio/ago 1978.

QUAGGIO, J. A. Reação do solo e seu controle. In:SIMPOSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1,1986. Piracicaba. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p 53-86

RAIJ, B. V. & FEITOSA, C. T. Correlação entre o fósforo extraido de solos por diversos extratores químicos e absorvido pelo milho. BRAGANTIA, Campinas, V. 39: 51 - 57, 1980.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**, São Paulo: Ceres, Potafos, 1991. 343p

RAIJ, B. V. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V. 2, n.1, p. 1-9, jan/abr 1978.

SFREDO, G. J. et alii. Comparação de cinco extratores de fósforo do solo, considerando-se o tempo de incorporação de três adubos fosfatados. **R. bras. C. Solo.** Campinas, V. 3, n. 2, p. 111 - 115, maio/ ago 1979.

SOUZA NETO; H. E. Alteração na fertilidade e fósforo estraído de um solo distrófico sob a agricultura de alto nível de insumos. Mossoró : ESAM. 1994. 45p. Monografia (Graduação em Agronomia) - ESAM.

SUDENE. Levantamento de reconhecimento semi-detalhado e interpretação para uso dos solos da Serra do Mel - RN. Coleção Mossoroense, volume CLVIII : ESAM. Mossoró. 1981.

TANAKA, R. T.; BAHIA. V. G.; COELHO, A. M. & FREIRE, J. C. Seleção de extratores de fósforo do solo em função das respostas das plantas de milho (*Zea mays* L.) e da adubação com fosfato Patos-de-minas em condições de casa de vegetação. **R. bras. C. Solo.** V. 5, n. 1, jan/abr 1981.

APÊNDICE

QUADRO 1A. Síntese da análise de variância para características de avaliação da fertilidade do solo nos vasos.

FV	GL	Quadrado médio					
		pH	Ca	Mg	K	Na	Al
Bloco	2	0,0374	0,044	0,008	0,00003	0,00005	0,0002
Prof(P)	2	0,0054^{ns}	0,0089^{ns}	0,009^{ns}	0,00066^{ns}	0,00257**	0,0048*
Erro(a)	4	0,0101	0,0923	0,008	0,00004	0,00006	0,0069
	C.V.$_1$ (%)	2	17	9	26	18	26
Trat(T)	9	35,292**	11,166**	0,224**	0,00016*	0,00046**	0,2754*
(P)*(T)	18	0,0277**	0,121**	0,011^{ns}	0,00005^{ns}	0,00013^{ns}	0,00005^{ns}
Erro(b)	54	0,0113	0,0321	0,023	0,00008	0,00012	0,00008
	C.V.$_2$ (%)	2	10	46	36	26	36

QUADRO 2A. Síntese da análise de variância para a recuperação de fósforo pelos extratores nas parcelas experimentais.

FV	GL	Quadrado médio
Bloco	2	27,5
Profundidade(P)	2	4411,1^{ns}
Erro(a)	4	1026,8
CV_1 %	-	111
Extrator(E)	3	2881,4**
Tratamento(T)	9	8942,1**
(P) * (E)	6	81,7**
(P) * (T)	18	996,3**
(E) * (T)	27	674,6**
Erro(b)	288	273,4
CV_2 %	-	57,2

QUADRO 3A. Síntese da análise da variância por produção de matéria verde e matéria seca em plantas milho.

FV	GL	Cultivo	Quadrado médio	
			Matéria verde	Matéria seca
Bloco	2	1	4,50	0,046
		2	0,42	0,032
Trat	9	1	12,8**	0,486**
		2	2,9*	0,113**
Erro	18	1	1,29	0,031
		2	0,12	0,022
CV (%)		1	25	19
		2	9	20

QUADRO 4A. Síntese da análise de variância para o conteúdo de macronutrientes na matéria seca produzida em dois cultivos.

GL	Ciclo		Quadrado Médio				
			P	K	Ca	Mg	Na
Blocos	2	1	0,211	1,674	6,158	0,187	13,69
		2	3,511	4,522	6,551	0,693	11,85
Trat	9	1	3,928**	16,018**	35,054**	5,465*	24,06**
		2	2,429^{ns}	3,558^{ns}	10,398**	2,141^{ns}	9,05*
Erro	18	1	0,510	2,135	5,907	2,291	3,24
		2	1,982	3,902	1,635	1,085	3,52
CV (%)		1	27	15	35	43	28
		2	63	23	22	40	31

PREPARO DAS SOLUÇÕES EXTRATORAS

MEHLICH-1 (H_2SO_4 0,02N + HCl 05N; EMBRAPA,1979)

Adicionar 4,3ml de HCl concentrado (d=1,19) e 0,69ml de H_2SO_4 (d=1,84) em cerca de 50ml de água destilada contida em balão volumétrico de 1,0 l. Agitar e completar o volume.

BRAY-1 (NH_4F 0,03N + HCl 0,025N; McKEAGUE,1978)

Dissolver 1,108g de NH_4F em 21ml de HCl concentrado; Completar o volume para 1,0 l de água destilada.

BRAY-2 OU BRAY A MEIA FORÇA MODIFICADO (NH4F 0,03N + H_2SO_4 0,03N; McKEAGUE,1978)

Dissolver 55,4g de NH_4F e 77g de H_2SO_4 em 50 litros de água deionizada.

OLSEN ($NaHCO_3$ 0,5N A pH 8,5; McKEAGUE,1978)

Dissolver 42g de $NaHCO_3$ em 1,0 l de água, ajustar o pH para 8,5 com NaOH 0,5N (geralmente usa-se 25ml para cada litro de água.

OBS.: Para o uso do extrator de OLSEN, colocar, antes da agitação uma colherinha (de chá) de carvão ativado.

EXTRAÇÃO

Em todos os tratamentos a extração foi feita na proporção solo:solução de 1:10 (5g de solo + 50ml de solução extratora). O tempo de agitação é de 15 minutos, em agitador com bandeja horizontal. O tempo de repouso para contato e sedimentação de partículas sólidas deve ser de 12 horas.

MÉTODO DE ANALISE DE PLANTAS USADO NA EMBRAPA-CNPAF CONFORME MÉTODO DESCRITO POR MORAIS & RABELO (1986)

I. DIGESTÃO

1. Tomar 0,2 à 0,5g de amostra de tecido vegetal previamente preparada e moída;

2. Transferir a pesagem para tubo de ensaio (250 à 300mm de comprimento por 25mm de diâmetro externo);

3. Adicionar 2ml da mistura nitro-perclórica (2:1), previamente preparada com HCO_3 + $HClO_4$, cobrir o sistema com funil de vidro (25mm de diâmetro);

OBS.: A mistura pode ser preparada antecipadamente (1 a 2 litros) e guardada em frascos munido de repipetador ou com bico-de-papagaio com adaptador esmerilado.

4. Levar o sistema a chapa aquecedora. Na primeira fase da digestão, a temperatura deve ser mantida próximo de 60°C;

5. Após 20 minutos, a temperatura poderá ser elevada para 120°C. Quando cessar a emissão de gases de coloração vermelho-alaranjada, adicionar mais 2,0ml da mistura 2:1 (HNO_3 + $HCLO_4$), mantendo a temperatura entre 120 e 160°C, até que a solução fique incolor ou levemente amarelada,

completamente transparente, o que determinar o fim da digestão.

IMPORTANTE: É conveniente que a porta da capela fique aproximadamente na mesma altura da extremidade superior dos tubos de ensaio, para mantê-los mais frios e, e assim, garantir a condensação dos vapores.

Além do menor escape de gases, o método de digestão apresentado, apresenta dentre outras vantagens:

(a) requer pequena quantidade de ácido 9(4ml);

(b) é de fácil condução e não requer atenção permanente do laboratorista;

(c) se feita a baixa temperaturas (<100°), a digestão pode ser processada durante a noite, sem problemas de explosão ou secamento das amostras;

(d) a digestão pode ser iniciada no final e, na manhã do dia seguinte o extrator está frio e pronto para ser analisado, desde que se tenha um "timer" e controle de temperatura no bloco digestor;

(e) os autores do CNPAF demonstraram que P, K, Ca, Mg, Na, Cu e Zn podem ser determinados nesses extratos, sem problemas, quando comparados com os métodos tradicionais.

UFERSA SIGAA - BIBLIOTECAS
SIGAA 2010076024