



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Calheiros, Altanys S.; da Silva, João P. S.; de Oliveira, Mauro W; dos S. Freire, Maria B. G; Freire, Fernando J.

Nível crítico de fósforo por diferentes extractores químicos em Neossolo Flúvico alcalino cultivado com milho

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 7, núm. 4, octubre-diciembre, 2012, pp. 590-596

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119024993009>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA**Revista Brasileira de Ciências Agrárias**

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.4, p.590-596, out.-dez., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i4a1752

Protocolo 1752 - 25/08/2011 - Aprovado em 03/05/2012

Altanys S. Calheiros^{1,4}**João P. S. da Silva^{2,5}****Mauro W. de Oliveira^{3,6}****Maria B. G. dos S. Freire^{2,7}****Fernando J. Freire^{2,7}**

Nível crítico de fósforo por diferentes extractores químicos em Neossolo Flúvico alcalino cultivado com milho

RESUMO

Devido à escassez de pesquisas referentes à disponibilidade de P em solos da região semiárida do Nordeste brasileiro, objetivou-se estudar a eficiência de quatro extractores na predição da disponibilidade de P em milho cultivado em um Neossolo Flúvico alcalino do sertão de Pernambuco, e estimar os níveis críticos de P no solo e na parte aérea das plantas. O experimento foi conduzido em vasos de polietileno preenchidos com 4 kg de solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e seis doses de P (0, 37, 74, 148, 222 e 370 mg dm⁻³). Trinta dias após a aplicação das doses foi realizada a coleta de solo para determinação do P recuperado pelos extractores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen sendo feita, em seguida, a semeadura do milho. Os extractores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen diferiram nos teores médios de P extraído. Os teores e os conteúdos de P nas plantas aumentaram linearmente com as doses de P aplicadas ao solo enquanto a massa de matéria seca aumentou quadraticamente. O P extraído pelos extractores correlacionou-se positivamente com o P acumulado nas plantas de milho, apesar dos baixos valores dos coeficientes da correlação. Os níveis críticos de P no solo variaram entre os extractores, sendo o extrator Mehlich-1 o que apresentou maior nível crítico, devido à sua capacidade de extrair mais P do solo.

Palavras-chave: P absorvido, P disponível, P extraído

Critical phosphorus level by different chemical extractors in an alkaline Fluvent cultivated with corn

ABSTRACT

Due to lack of research concerning the availability of P in soils of the semiarid Northeastern Brazil, the objective of this research was to study the efficiency of four extractors in predicting phosphorus availability in cultivated corn in an alkaline Fluvent from Pernambuco and estimate the critical levels of P in the soil and in the aerial parts of plants. The experiment was carried out in polyethylene vessels filled with 4 kg of soil. The experimental design was in randomized blocks with four repetitions and six P doses (0, 37, 74, 148, 222 e 370 mg dm⁻³). Thirty days after the P application, soils were collected to determine P recovered by Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 and Olsen extractors, and after that corn was sown. The used extractors differed statistically in the average levels of extracted P. The P levels and amounts and accumulated in plants increased linearly with P doses applied to the soil, while the dry matter amounts increased in a curved line. The extracted P correlated significantly and positively with P accumulated in corn plants, although the low values of correlations coefficients. The P critical levels in soil changed within extractors, being Mehlich-1 the extractor with the highest critical level, for its greater ability to extract P from the soil.

Key words: absorbed P, available P, extracted P

1 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Área de Forragicultura, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. Fone: (81) 8757-7451.
E-mail: altanys.asc@gmail.com

2 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Área de Solos, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. Fone: (81) 3320-6241. Fax: (81) 3320-6220.

E-mail: jprsp@yahoo.com.br;
betania@depa.ufpe.br;
f.freire@depa.ufpe.br

3 Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Campus Universitário, CEP 57100-000, Rio Largo-AL, Brasil. Fone: (82) 3261-1351.
E-mail: maurowoliveira@gmail.com

4 Bolsista PRODOC da CAPES

5 Bolsista de Doutorado da CAPES

6 Professor Associado I da Universidade Federal de Alagoas

7 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

Na literatura existe um número elevado de artigos sobre avaliação da disponibilidade de P em solos ácidos e deficientes em P (Muniz et al., 1985; Fabres et al., 1987; Fonseca et al., 1988; Mello et al., 1993; Novais et al., 1993; Silva et al., 2004; Simões Neto et al., 2009). Em solos do Nordeste, particularmente na zona semiárida, a alcalinidade predomina e os teores de P são altos, principalmente quando o extrator é o Mehlich-1. Pesquisas em que se avaliou a disponibilidade do P nessas condições, ainda são escassas (Farias et al., 2009).

O P constitui cerca de 0,2 dag kg⁻¹ da massa de matéria seca das plantas e participa de grande número de compostos essenciais. É componente estrutural de macromoléculas, como ácidos nucleicos e fosfolipídios e também da adenosina trifosfato (ATP) sendo um elemento fundamental para várias vias metabólicas e reações bioquímicas, tais como os ciclos de Calvin e da glicólise (Kerbauy, 2004; Taiz & Zeiger, 2004).

A disponibilidade de P para as plantas normalmente está associada a uma quantidade de P distribuída entre a solução do solo e a fase sólida do solo, também denominada fração lábil, cujas quantidades se correlacionam com o conteúdo de P absorvido e acumulado pelas plantas. Esta disponibilidade pode ser influenciada pela umidade, teor de argila e poder tampão do solo (Novais et al., 2007; Schlindwein & Ganello, 2009).

A mobilidade do P no solo é pequena e sua difusão é influenciada por diversos fatores, como: precipitação por cátions como Fe, Al e Ca; teor de água no solo; adsorção pelos coloides do solo; compactação do solo; distância a percorrer até atingir as raízes e o teor do elemento no solo (Costa et al., 2006). Em geral, são registrados valores baixos de transporte de P, devido a sua interação com os coloides do solo, principalmente em solos intemperizados (Villani et al., 1993; Costa et al., 2006).

Existem diversos extractores químicos de P, reflexo da complexidade do comportamento deste elemento no solo e da falta de concordância sobre qual deveria ser o método mais adequado para quantificar sua disponibilidade (Novais et al., 2007). Entre os mais utilizados se encontra o Mehlich-1 (Mehlich, 1978) e a resina trocadora de íons (Raij et al., 1986).

A determinação do P disponível por um método eficaz para estimar sua disponibilidade para as culturas e estabelecer níveis críticos adequados deste nutriente, tanto no solo quanto na parte aérea das plantas, fornecerá informações para o estabelecimento de critérios mais seguros para as recomendações de adubação (Bertoni et al., 2003). Para que um extrator seja recomendado para estimar a disponibilidade de P é necessário que os teores

extraídos do solo se correlacionem com a absorção deste nutriente pelas plantas (Alvarez V. et al., 2000).

No Nordeste semiárido é mais comum a ocorrência de solos menos ácidos do que nas outras regiões do País, o que favorece a formação de compostos poucos solúveis de fosfato de Ca (P-Ca) diminuindo, consequentemente, a aplicabilidade do extrator Mehlich-1 (Silva et al., 2004). No entanto se utiliza, em Pernambuco, o extrator Mehlich-1 como método de extração de P desconsiderando-se que os valores estimados de nível crítico com este extrator são variáveis de acordo com o fator capacidade de P (FCP). Portanto, as recomendações de adubação fosfatada em Pernambuco (IPA, 1998) podem estar superestimando as doses recomendadas em solos arenosos ou as subestimando em solos argilosos e em solos com maior proporção de P-Ca (Silva et al., 2004).

Tendo em vista a escassez de pesquisas referentes à disponibilidade de P em solos da região semiárida do Nordeste brasileiro, objetivou-se estudar a eficiência dos extractores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen na predição da disponibilidade de P para milho cultivado em um Neossolo Flúvio alcalino, proveniente do sertão pernambucano e estimar os níveis críticos de P no solo e na parte aérea das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em um Neossolo Flúvio alcalino proveniente do município de Serra Talhada, Sertão de Pernambuco, coletado de 0 até 0,2 m de profundidade. Após a coleta o solo foi seco ao ar, passado em peneira de 2 mm de malha e caracterizado, física e quimicamente (Tabela 1), segundo métodos descritos pela Embrapa (1999) e por Alvarez V. et al. (2000) para a determinação do P-remanescente (P-rem).

As doses de P utilizadas no experimento foram estimadas com base no resultado do P-rem, de acordo com Alvarez V. & Fonseca (1990) desenvolvido para determinação de curvas de respostas de P em casa de vegetação em experimentos com *Brachiaria*.

Foram utilizados vasos de polietileno preenchidos com 4 kg de solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, em um esquema fatorial 6 x 4. Os fatores estudados foram constituídos de seis doses de P (Tabela 2) estimadas de acordo com Alvarez V. & Fonseca (1990) e aplicadas separadamente ao solo correspondente a cada unidade experimental no início do estudo, utilizando-se o fosfato de K monobásico (KH_2PO_4) como fonte de P e quatro

Tabela 1. Características físicas e químicas do Neossolo Flúvio utilizado no experimento

Table 1. Physical and chemical characteristics of the Fluvent used in the experiment

Características Físicas						Características Químicas											
Prof. m	DS g cm^{-3}	Areia g kg^{-1}	Silte g kg^{-1}	Argila textural	Classe Água	pH água	C g kg^{-1}	K ⁺ $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$	Ca ²⁺ $\text{mol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$	Mg ²⁺ $\text{mol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$	Na ⁺ $\text{mol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$	Al ³⁺ $\text{mol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$	H+Al $\text{mol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$	P mg dm^{-3}	P-rem mg L^{-1}	CE dS m^{-1}	PST %
0,0-0,2	1,2	554	286	160	Franco Arenosa	7,63	4,12	0,42	2,82	1,81	1,15	0,00	2,01	75,0	57,14	3,26	14

pH em água (1:2,5); P, K⁺ e Na⁺ = Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺, e Al³⁺ = KCl 1 mol L⁻¹; (H+Al) = acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; P-rem = fósforo remanescente; CE = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = percentagem de sódio trocável

Tabela 2. Determinação das doses de P, de acordo com Alvarez V. & Fonseca (1990)

Table 2. P levels determination according to Alvarez V. & Fonseca (1990)

P (mg dm ⁻³)	P (mg vaso ⁻¹)	KH ₂ PO ₄ (mg vaso ⁻¹)
0	0,0	0,0
37	123,33	541,4
74	246,65	1.082,8
148	493,30	2.165,6
222	739,95	3.248,4
370	1233,26	5.414,0

extratores (Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen). A umidade do solo foi mantida a 80% da capacidade de pote.

Decorridos 30 dias após a incubação do solo com as doses de P correspondentes, realizou-se uma amostragem do solo para determinação do P pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen; em seguida, foi feita a semeadura do milho utilizando-se três sementes por vaso e o desbaste ocorreu dez dias após a emergência das plantas, deixando-se duas plantas por vaso. Neste momento realizou-se a adubação nitrogenada aplicando-se 40 mg dm⁻³ de N, de acordo com IPA (1998) para solos com este teor de matéria orgânica, sendo utilizado o sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄ p.a.] como fonte de N.

O corte das plantas foi realizado aos 32 dias após a emergência, rente ao solo. Após o corte, a parte aérea das plantas foi seca em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até peso constante para determinação da massa de matéria seca da parte aérea sendo, em seguida, triturada em moinho tipo Wiley. O teor de P na massa de matéria seca da parte aérea foi determinado por colorimetria após digestão nítrico-perclórica, segundo metodologia descrita por Bataglia et al., (1983).

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância e de regressão, ajustando-se equações do teor de P recuperado pelos extratores, de acordo com o P aplicado. Foram também ajustadas equações de regressão da produção de matéria seca e do teor de P nas plantas, conforme o P aplicado, sendo os níveis críticos de P no solo e na planta estimados a partir dessas regressões.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e análises de regressão e correlação, utilizando-se o programa estatístico SAEG (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P determinados pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen, diferiram estatisticamente (Tabela 3). Observou-se que o Mehlich-1 foi o extrator que apresentou os maiores teores recuperados de P, tendo extraído 1,16; 1,24 e 1,59 vezes mais P que os extratores Mehlich-3, Olsen e Bray-1, respectivamente. Isto pode ter ocorrido devido ao elevado teor de Ca desse solo (Tabela 1), o que contribui para a formação de fosfatos de Ca que se solubilizam na presença do Mehlich-1 pelo forte caráter ácido desse extrator (Bortolon et al., 2009).

Em solos mais argilosos, com alto poder tampão, como os solos de referência de Pernambuco, estudados por Silva et al. (2004), o tempo de decantação de 16 horas utilizado na metodologia de extração (Tedesco et al., 1995) pode propiciar o desgaste da capacidade de extração e ocorrer readsorção de

Tabela 3. P recuperado no solo pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen em função das doses de P aplicadas no solo

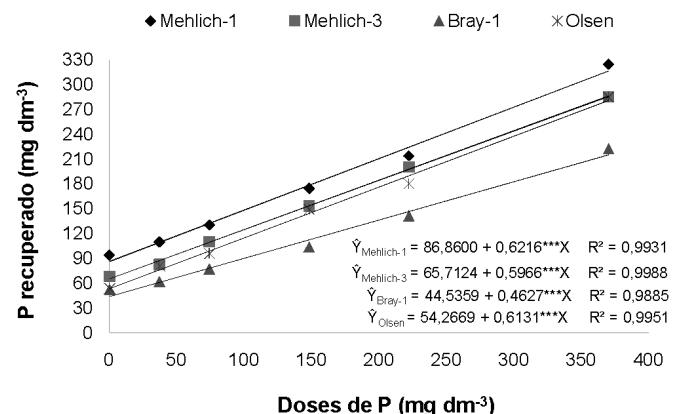
Dose de P	Mehlich-1 mg dm ⁻³	Mehlich-3 mg dm ⁻³	Bray-1	Olsen
0	94,52	68,72	52,66	54,01
37	110,42	82,92	62,44	81,40
74	130,81	110,51	77,37	96,22
148	174,89	153,76	104,01	150,00
222	214,47	200,66	141,50	180,41
370	325,00	285,40	223,01	285,36
Média	175,02 a	150,33 b	110,17 c	141,23 b
CV (%)	14,24	11,06	18,89	7,21

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 0,1% de probabilidade pelo teste Tukey

P já dissolvido, resultando em valores de P extraído menores naqueles solos em comparação aos obtidos em solos arenosos, como o solo utilizado neste trabalho (Novais et al., 2007).

O P extraído pelos diferentes extratores utilizados nesta pesquisa foram superiores aos obtidos por Miranda et al. (2002) em estudos com feijão em um Latossolo Vermelho Escuro argiloso, e por Corrêa et al. (2008) em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, cultivados com milho. Esta elevada extração de P ocorreu devido, provavelmente, à mais elevada capacidade de extração de P em solos arenosos e aos elevados teores iniciais de P (Tabela 1) tal como, também, à menor adsorção de P em solos do Nordeste do Brasil, quando comparada à de solos do Cerrado brasileiro (Farias et al., 2009).

Os extratores avaliados foram eficientes na recuperação do P aplicado ao solo e os dados se ajustaram a modelos lineares altamente significativos e com elevados coeficientes de determinação (Figura 1). Resultados semelhantes foram observados por Moreira & Malavolta (2001) trabalhando em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico; por Silva et al. (2004) em seis solos da Zona da Mata de Pernambuco; por Amorim et al. (2008) em Neossolo Quartzarênico proveniente do Sertão de Pernambuco e por Corrêa et al. (2008) trabalhando com dois solos da Zona da Mata de Pernambuco. No entanto, esses



*** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F

Figura 1. P recuperado por diferentes extratores em função das doses de P aplicadas

Figure 1. P recovered by different extractors according to the rates of P applied

autores trabalharam apenas com os extratores ácidos Mehlich-1, Mehlich-3 e Bray-1, porém descreveram a necessidade de estudos com extratores neutros, como o Olsen, nos solos da região Nordeste, principalmente por se tratar de ambientes menos intemperizados que, normalmente, possuem pH mais elevado, menor teor de argila, elevado teor de P ligado a Ca, que podem superestimar teores de P disponível e proporcionar recomendações inadequadas de adubações fosfatadas (Freire, 2001). No entanto, nesta pesquisa a taxa de recuperação do extrator Olsen ($0,6131 \text{ mg dm}^{-3}/\text{mg dm}^{-3}$) foi semelhante à do Mehlich-1 ($0,6216 \text{ mg dm}^{-3}/\text{mg dm}^{-3}$) e à do Mehlich-3 ($0,5966 \text{ mg dm}^{-3}/\text{mg dm}^{-3}$) (Figura 1).

O acúmulo médio de matéria seca da parte aérea das plantas de milho foi de $8,8 \text{ g planta}^{-1}$, não sendo influenciado pelas doses de P aplicadas ao solo antes do plantio (Figura 2). Isto se deve, provavelmente, ao elevado teor inicial de P no solo e ao curto período de cultivo das plantas. Amorim et al. (2008) também não verificaram efeito significativo no acúmulo de matéria seca em experimento com a cultura do melão cultivado por 37 dias em um Neossolo Quartzarênico do Sertão de Pernambuco.

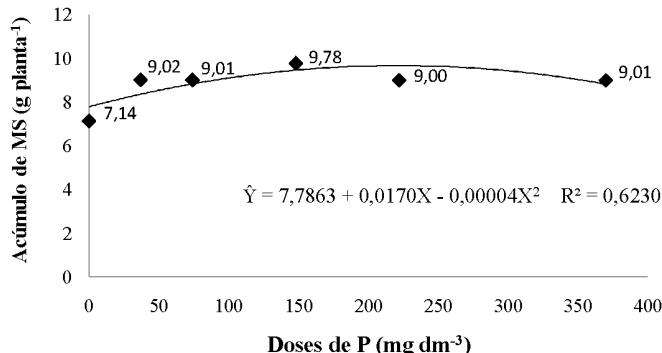


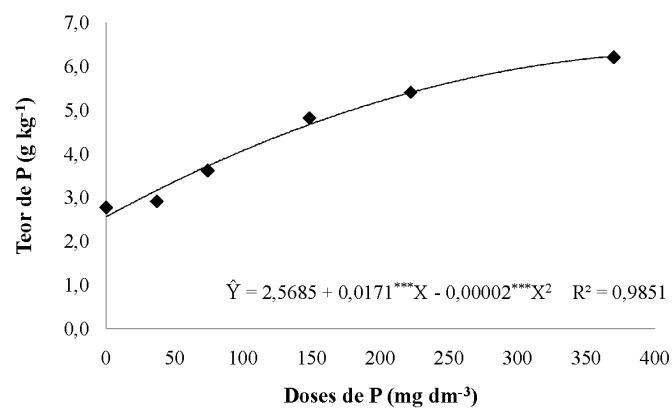
Figura 2. Acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas de milho, em função das doses de P

Figure 2. Dry matter accumulation in shoots of corn plants according P doses

Os teores de P nas plantas de milho aumentaram com as doses de P aplicadas ao solo (Figura 3). Este comportamento foi semelhante ao observado para os diferentes extratores estudados (Figura 1) demonstrando não ter havido limitação na absorção de P pelas plantas de milho, já que não houve diferença no acúmulo de matéria seca das mesmas, confirmando haver maior disponibilidade de fósforo em solos de textura mais arenosa (Novais et al., 2007) como é o caso do solo estudado.

O acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas foi influenciado pelas doses de P (Figura 4) devido à elevação do teor de fósforo no seu tecido vegetal com o aumento das doses de fósforo aplicadas no solo, conforme observado na Figura 3; entretanto, isto não refletiu sobre a produção de matéria seca das plantas de milho.

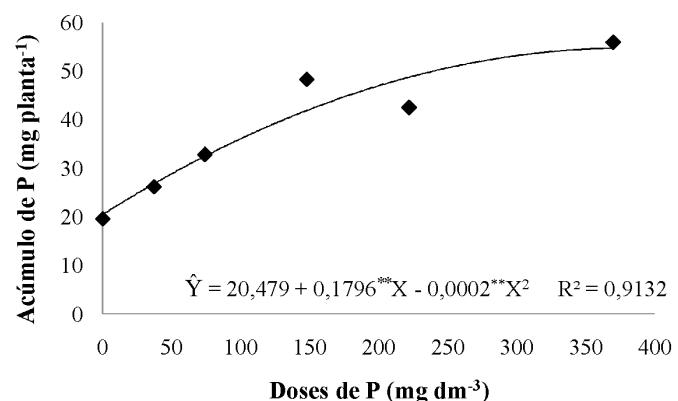
Os teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen se correlacionaram de forma positiva com o teor de P das plantas de milho (Tabela 4); apesar disto, o Mehlich-3 foi o extrator que apresentou melhor correlação e o Bray-1 a menor, com os extratores Mehlich-1 e Olsen apresentando coeficientes de correlação intermediários.



***Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F

Figura 3. Teor de P na parte aérea das plantas de milho em função das doses de P aplicadas no solo

Figure 3. P content in corn plant shoots according the P doses applied to the soil



** Significativo a 1% de probabilidade

Figura 4. Acúmulo de P na parte aérea das plantas de milho, em função das doses de fósforo aplicadas no solo

Figure 4. P accumulation in corn plant shoots according phosphorus doses applied in the soil

Os coeficientes de correlação dos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e Olsen para o teor e acúmulo de P na parte aérea das plantas de milho no presente estudo, foram muito semelhantes podendo-se indicar, para este solo, qualquer um desses três extratores para determinação do fósforo disponível. No entanto, os teores de P recuperado pelo extrator Mehlich-1 foram superiores aos teores obtidos pelos demais extratores. O Mehlich-1 é o extrator de P disponível empregado em muitos estados do País, incluindo Pernambuco (IPA, 1998), no entanto, são poucos os experimentos que compararam diferentes extratores em solos da região semiárida (Amorim et al., 2008), havendo a necessidade de estudos com mais solos provenientes dessa região para uma conclusão mais adequada sobre o uso desse extrator no ambiente.

Os níveis críticos de P no Neossolo Flúvico variaram entre os extratores, na seguinte ordem: Mehlich-1 > Mehlich-3 > Olsen > Bray-1 (Tabela 5). Esses resultados não condizem com os obtidos por Silva et al. (2004) em estudos com seis solos de referência do Estado de Pernambuco, e por Corrêa et al. (2008) trabalhando com um Argissolo e um Latossolo da zona

Tabela 4. Coeficientes de correlação linear simples entre o teor de P recuperado (mg dm^{-3}) pelos extractores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen e o teor (g kg^{-1}) e conteúdo (mg planta^{-1}) de P na parte aérea das plantas de milho

Table 4. Simple linear correlation coefficients between the concentration of P recovered (mg dm^{-3}) by the Mehlich-1, Mehlich-3, Olsen and Bray-1 and the concentration (g kg^{-1}) and content (mg plant^{-1}) of P in shoots of maize plants

Mehlich-1	Mehlich-3	Bray-1	Olsen	Teor de P (g kg^{-1})	Conteúdo de P (mg planta^{-1})
Mehlich-1	-	0,97***	0,93***	0,96***	0,83***
Mehlich-3	-	-	0,96***	0,97***	0,88***
Bray-1	-	-	-	0,94***	0,78***
Olsen	-	-	-	-	0,81***

*** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t

Tabela 5. Níveis críticos de P no solo (mg dm^{-3}) por diferentes extractores, dose de máxima eficiência econômica, máxima produção de matéria seca de milho (g planta^{-1}) e nível crítico de P na planta (mg g^{-1}) em função de doses de P aplicadas no solo

Table 5. P Critical levels of soil (mg dm^{-3}) for different extractors, maximum dose of economic efficiency, maximum dry matter production of maize (g plant^{-1}) and critical level of P in plant (mg g^{-1}) as a function of P applied to the soil

Níveis críticos				Dose (90% Prod. Máx.)	Matéria seca g planta^{-1}	Nível crítico da planta mg g^{-1}
Mehlich-1	Mehlich-3	Bray-1	Olsen			
122,53	99,95	71,09	89,45	57,38	9,59	3,48

da Mata de Pernambuco, nos quais obtiveram níveis críticos para os extractores estudados na ordem: Bray-1 > Mehlich-3 > Mehlich-1. Em ambos os experimentos o Mehlich-1 foi o extrator que menos recuperou P disponível. Os menores níveis críticos de P com a utilização do Mehlich-1, como sugeridos pelos autores, foram devidos ao fato desses solos, provenientes do Litoral e Zona da Mata de Pernambuco, apresentarem pouco P-Ca, que representa a principal fração acessada por esse extrator (Novais et al., 2007).

Por outro lado, o Mehlich-1, dentre os extractores utilizados nesta pesquisa, foi o que mais extraiu P no solo. Provavelmente, devido à maior proporção de P-Ca no Neossolo Flúvico, comparativamente aos solos do Litoral e Zona da Mata de Pernambuco (Silva et al., 2004; Corrêa et al., 2008).

O nível crítico das plantas de milho foi de $3,48 \text{ mg g}^{-1}$, resultado superior aos valores encontrados por Corrêa et al. (2008) em plantas de milho. É provável que este maior nível crítico se deva ao baixo teor de argila e ao elevado P-rem desse solo (Tabela 1), características que refletem baixa capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) e, consequentemente, baixo poder tampão, o que pode ter possibilitado maior disponibilidade, maior absorção pelas plantas, resultando em maior teor de P na matéria seca da parte aérea das plantas de milho. Beltram et al. (1998) encontraram, estudando níveis críticos de P em plantas de arroz em três solos, valores mais elevados em solos mais arenosos.

Resultados de níveis críticos na biomassa da parte aérea inferiores aos observados neste estudo, são apresentados por Bertoni et al. (2003) em pesquisas com a cultura do arroz em um Organossolo Mésico proveniente do Município de Lambari, Minas Gerais; por Silva et al. (2004) estudando diferentes extractores em seis solos de referência da Zona da Mata de Pernambuco cultivados com *Brachiaria brizantha*; por Moreira et al. (2006) em estudos de campo em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa cultivado com capim-elefante e por Simões Neto (2008) conduzindo experimentos em condições de campo em diferentes Município da Zona da Mata de Pernambuco, com predomínio de solos muito

intemperizados de diferentes composições físicas, químicas e mineralógicas, cultivados com cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

O extrator Mehlich-1 foi o que mais extraiu P do solo.

O Mehlich-3 foi o extrator que melhor se correlacionou com o conteúdo de P na parte aérea das plantas de milho não diferindo, entretanto, de Mehlich-1, Bray e Olsen.

Os níveis críticos de P no solo foram elevados, com o Mehlich-1 tendo apresentado o maior valor e o Olsen, o menor.

LITERATURA CITADA

- Alvarez V., V. H.; Fonseca, D. M. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.14, p.49-55, 1990.
- Alvarez V., V. H.; Novais, R. F.; Dias, L. E.; Oliveira, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.25, n.1, p.27-32, 2000.
- Amorim, L. B.; Martins, C. M.; Alves, W. P. L. B. C.; Freire, M. B. G. S.; Souza, E. R. Disponibilidade de fósforo em Neossolo Quartzarênico cultivado com melão. Revista Caatinga, v.21, n.3, p.141-146, 2008. <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/765>>. 21 Jun. 2011.
- Bataglia, O. C.; Furlani, A. M. C.; Teixeira, J. P. F.; Furlani, P. R.; Gallo, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, Campinas, 1983. 41p. (Boletim Técnico, 78).
- Beltran, R. R.; Silveira, R. I.; Passos, M. J. Disponibilidade de fósforo para plantas de arroz avaliada por extractores químicos. Scientia Agrícola, v.55, n.2, p.233-241, 1998. <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161998000200011&script=sci_arttext>. 17 Jun. 2011. doi:10.1590/S0103-90161998000200011.

- Bertoni, J. C.; Bastos, A. R. R.; Carvalho, J. G.; Miranda, J. R. P. Níveis críticos de fósforo para o arroz num solo de várzea inundado em condições de casa de vegetação. Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida, v.22, n.2, p.45-53, 2003. <http://www.editora.ufrrj.br/rcv2/rev22n2/45_53.pdf>. 12 Jul. 2011.
- Bonfim, E. M. S.; Freire, J. F.; Santos, M. V. F.; Silva, T. J. A.; Freire, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.281-288, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n2/20210.pdf>>. 28 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-06832004000200006.
- Bortolon, L.; Schlindwein, J. A.; Gianello, C. Métodos de extração de fósforo e potássio no solo sob sistema plantio direto. Ciência Rural, v.39, n.8, p.2400-2407, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n8/a316cr850.pdf>>. 12 Jun. 2011. doi:10.1590/S0103-84782009005000173.
- Corrêa, R. M.; Nascimento, C. W. A.; Freire, F. J.; Souza, S. K. S.; Silva, G. B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.3, n.3, p.218-224, 2008. <http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&&path%5B%5D=243>. 22 Jul. 2011. doi:10.5039/agraria.v3i3a243.
- Costa, J. P. V.; Barros, N. F.; Albuquerque, A. W.; Moura Filho, G.; Santos, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.4, p.828-835, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n4/v10n4a07.pdf>>. 07 Ago. 2011. doi:10.1590/S1415-43662006000400007.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.
- 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 alfaca cultivado em diferentes solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.11, n.1, p.51-57, 1987.
- Farias, D. R.; Oliveira, F. H. T.; Santos, D.; Arruda, J. A.; Hoffmann, R. B.; Novais, R. F. Fósforo em solos representativos do estado da Paraíba. II - disponibilidade de fósforo para plantas de milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.633-646, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n3/v33n3a16.pdf>>. 31 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-06832009000300016.
- Fonseca, D. M.; Alvarez Venegas, V. H.; Neves, J. C. L.; Gomide, J. A.; Novais, R. F.; Barros, N. F. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.12, p.49-58, 1988.
- Freire, F. J. Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana de açúcar. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 144p. Tese Doutorado.
- Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco (2ª aproximação), Recife: IPA, 1998. 198p.
- Kerbauy, G. B. Fisiologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.
- Mehlich, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.9, n.6, p.477-492, 1978. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103627809366824>>. 12 Jun. 2011. doi:10.1080/00103627809366824.
- Mello, J. W. V.; Ribeiro, A. C.; Novais, R. F.; Alvarez V., V. H. Concentrações críticas de fósforo em plantas de arroz cultivadas em solos inundados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.17, p.211-216, 1993.
- Miranda, L. N.; Azevedo, J. A.; Miranda, J. C. C.; Gomes, A.C. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.11, p.1621-1627, 2002. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n11/14528.pdf>>. 28 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2002001100014.
- Moreira, A.; Malavolta, E. Fontes, doses e extratores de fósforo em alfafa e centrosema. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, n.12, p.1519-1527, 2001. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n12/7494.pdf>>. 17 Jun. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2001001200009.
- Moreira, L. M.; Fonseca, D. M.; Martuscello, J. A.; Nóbrega, E. B. Absorção e níveis críticos de fósforo na parte aérea para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* CV. Napier). Ciência e Agrotecnologia, v.30, n.6, p.1170- 1176, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n6/a20v30n6.pdf>>. 22 Jun. 2011. doi:10.1590/S1413-70542006000600020.
- Muniz, A. S.; Novais, R. F.; Barros, N. F.; Neves, J. C. L. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.9, n.3, p.237-244, 1985.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F.; Casali, V. W. D.; Fabres, A. S. The influence of the soil phosphate capacity factor on soil and plant phosphorus critical levels of different vegetables. In: Fragoso, M.A.C.; Beusichem, M.L.V. (Eds.). Optimization of plant nutrition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,. 1993. p.73-76.
- Novais, R. F.; Smyth, T. J.; Nunes, F. N. Fósforo. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.
- Raij, B.; Quaggio, J. A.; Silva, N. M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.17, n.5, p.547-566, 1986. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103628609367733#p_review>. 18 Jul. 2011. doi:10.1080/00103628609367733.
- Schlindwein, J. A.; Gianello, C. Fósforo disponível determinado por lâmina de resina enterrada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.77-84, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/08.pdf>>. 13 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-06832009000100008.

- Simões Neto, D. E. Avaliação da disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação fosfatada para cana-planta em solos do estado de Pernambuco. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. 106p. Tese Doutorado.
- Simões Neto, D. E.; Oliveira, A. C.; Freire, F. J.; Freire, M. B. G. S.; Nascimento, C. W. A.; Rocha, A. T. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.840-848, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13s0/v13s0a05.pdf>>. 18 Jun. 2011. doi:10.1590/S1415-43662009000700005.
- Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG. Versão 9.1: Viçosa: Fundação Arthur Bernardes/UFV, 2007.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 3^a ed. Artmed, Porto Alegre, 2004. 526p.
- Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p.
- Villani, E. M. A.; Novais, R. F.; Barros, N. F.; Fontes, L. E. R.; Neves, J. C. L. Difusão de fósforo em solos com diferentes texturas e níveis de umidade. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.17, n.3, p.343-347, 1993.