

NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO EM MILHO CULTIVADO EM SOLOS DE DIFERENTES MINERALOGIAS¹

FÁBIO BROGGI², ALEXANDRE CAMPELO DE OLIVEIRA³, FERNANDO JOSÉ FREIRE^{3*}, EMÍDIO CANTÍDIO ALMEIDA DE OLIVEIRA³, ALEXANDRE TAVARES DA ROCHA⁴, MARIA BETÂNIA GALVÃO DOS SANTOS FREIRE³

RESUMO – Os níveis críticos de P em plantas são dependentes de características do solo que refletem o poder tampão de fosfato. Em Pernambuco, as características mineralógicas dos solos são variáveis nas diferentes regiões em que se cultiva milho. Assim, com o objetivo de avaliar os níveis críticos de P na parte aérea de plantas de milho cultivado em diferentes solos e em diferentes tempos de contato desse elemento com os solos, visando estudar as relações entre esses níveis críticos e a adsorção de P, realizou-se um experimento utilizando-se amostras subsuperficiais de um Vertissolo Ebânico Órtico (VEo), textura argilosa com predomínio de argilominerais 2:1 e de um Nitossolo Vermelho Distroférico (NVdf), textura muito argilosa, predominantemente hematítico, coletados no Sertão e na Zona da Mata do Estado de Pernambuco, respectivamente. As doses de P corresponderam aos níveis 0; 0,2; 0,4; 0,8; e 1,0 da capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) de cada solo e foram aplicadas e incubadas por 90; 60; 30; 15; e 0,5 dias. O experimento foi realizado em casa de vegetação em esquema fatorial (5x5x2), sendo cinco níveis de P, cinco tempos de incubação e dois solos, em delineamento de blocos casualizados com três repetições. As plantas de milho foram mais eficientes na utilização de P no NVdf de maior CMAP. Os níveis críticos da parte aérea apresentaram-se decrescentes com o aumento do tempo de incubação no VEo de menor CMAP.

Palavras-chave: Adsorção de P no solo. Teor de P na planta. Extração de P.

PHOSPHORUS CRITICAL LEVELS IN CORN IN SOILS WITH DIFFERENT MINERALOGY

ABSTRACT - The P critical levels in plants depend from soil characteristics which reflect phosphate buffer power. In Pernambuco, soils mineralogical characteristics change at different regions where corn is cultivated. To evaluate P critical levels in corn plants in soil cultivated in different soils and contact periods of this element in the soil, aiming to study the relationships between these critical levels and P adsorption, it was realized an experiment using subsuperficial samples of a Vertissolo Ebânico órtico (VEo) (Mollisol), clay textured with predominance of 2:1 clay mineral and a Nitossolo Vermelho distroférico (NVdf) (Nitosol), high clay content, predominantly hematitic, collected at the semi-arid and humid regions of Pernambuco State, Brazil, respectively. The P doses were defined in function of the levels 0; 0.2; 0.4; 0.8 and 1.0 from the P Maximum Capacity of Adsorption (CMAP) of each soil and were incubated by 90; 60; 30; 15; and 0.5 days. The experiment was realized into a greenhouse in a factorial scheme (5x5x2), five P levels, five incubation periods and two soils, in randomized blocks delineation with three replicates each. Corn plants were more efficient to utilize P in NVdf, the soil with higher CMAP. The corn shoot critical levels decreased in accordance to the period of incubation in VEo, the soil with lower CMAP.

Keywords: Soil P adsorption. Plant P content. P extraction.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 25/06/2013; aceito em 25/07/2014.

²ODEBRECHT Agroindustrial, Mato Grosso do Sul, fabiobroggi@bol.com.br.

³Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, alexandrecampelo@uast.ufpe.br; f.freire@depa.ufpe.br; emidio@depa.ufpe.br; betania@depa.ufpe.br.

⁴Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, Pernambuco, Brasil, alexandre.rocha@uag.ufpe.br.

INTRODUÇÃO

O fósforo tem sido objeto de um grande número de trabalhos por ser o nutriente que mais onera os custos de produção agrícola e pela baixa relação matéria seca produzida/quantidade de nutriente aplicado. Isto se deve tanto a sua deficiência natural, principalmente em solos tropicais (ROCHA et al., 2005), quanto a sua indisponibilidade em solos argilosos e intemperizados (BONFIM et al., 2004).

A baixa disponibilidade natural em solos tropicais é responsável por baixos teores de P nas plantas, interferindo negativamente na obtenção de níveis críticos adequados. Teor ou nível crítico de um nutriente corresponde à concentração mínima necessária para atingir o crescimento máximo ou para um percentual deste máximo, correspondendo na realidade a uma estreita zona de transição do que a um ponto definido (CALHEIROS et al., 2012) e, é variável entre solos e planta e entre plantas e solo (SOUZA JÚNIOR et al., 2012).

Desta forma, as plantas necessitam do suprimento de P da solução do solo que depende da reposição do P lábil ou reserva de P no solo (BROGGI et al., 2010). O poder tampão de fosfato é definido pela razão de equilíbrio entre a quantidade de P lábil e o P em solução e representa uma medida da capacidade do solo em manter um determinado nível de P em solução (SIMÕES NETO et al., 2008). As características e a concentração dos minerais no volume do solo explorado pelas raízes podem estabelecer uma situação competitiva desfavorável para a absorção do nutriente pela planta, pela rápida passagem do P lábil para P não-lábil.

A maior ou menor competição entre planta e solo pelo P aplicado faz com que a planta se ajuste para utilizar o P que lhe é colocado à disposição, sendo mais eficiente em utilizar P em solos com maior CMAP (MUNIZ et al., 1985). De acordo com Bonfim et al. (2004) os níveis críticos de P em plantas de *B. brizantha* foram menores em solos com maior CMAP e com menor P-rem, quando cultivaram gramíneas em solos com diferentes características químicas.

Alguns pesquisadores (MUNIZ et al., 1985; NOVAIS et al., 1993; BASTOS, et al., 2010; MUNER et al., 2011) encontraram em suas pesquisas conteúdos distintos de P para uma mesma produção e atribuíram aos diferentes ambientes de cultivo das plantas. Isso mostra que concentrações de P em solução são variáveis com o poder tampão de fosfato do solo, que também influencia o teor de P nas plantas.

Assim, este trabalho foi realizado tendo por objetivos avaliar os níveis críticos de P na parte aérea de plantas de milho cultivado em solo com predomínio de argilominerais 2:1, comparativamente a solo hematítico e, estudar as relações entre esses níveis críticos e a adsorção de P em diferentes tempos de contato desse elemento com os solos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação no Centro de Pesquisa de Solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Utilizaram-se amostras da camada subsuperficial de dois solos do Estado de Pernambuco: Nitossolo Vermelho distroférico (NVdf) textura muito argilosa e predomínio de óxidos de Fe (hematita) proveniente da Zona da Mata e coletado de 30-56 cm de profundidade; e Vertissolo Ebânico órtico (VEo) textura argilosa e predomínio de minerais 2:1 (esmectita) proveniente do Sertão e coletado de 5-25 cm de profundidade. As amostras foram retiradas em profundidades diferentes porque corresponderam a espessura dos horizontes diagnósticos. Os solos das amostras foram secos ao ar, destorroados e passados em peneira de 2 mm de malha, onde foram realizadas as análises físicas e químicas (Tabela 1), conforme EMBRAPA (1997).

Em uma parte das amostras retiradas para caracterização física e química, realizou-se a separação da fração argila para análise mineralógica por difratometria de raios-X (JACKSON, 1969). As leituras das amostras foram realizadas em difratômetro equipado com tubo de cobre, utilizando-se radiação $\text{CuK}\alpha$ operado a 20 mA e 40 kV (Figura 1).

Para avaliar a CMAP, amostras de 2,5 cm³ de terra fina seca ao ar (TFSA) de cada solo receberam 11 diferentes doses de P (KH_2PO_4 p.a.), situadas no intervalo de 0 a 260 mg L⁻¹ para o NVdf e de 0 a 80 mg L⁻¹ para o VEo (ALVAREZ V. et al., 2000). As doses foram aplicadas utilizando-se 25 mL de uma solução de equilíbrio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,01 mol L⁻¹, contendo as diferentes doses de P). O fósforo remanescente (P-rem) foi determinado de acordo com Alvarez V. et al. (2000).

Amostras de 2 kg do NVdf receberam uma mistura de CaCO_3 e MgCO_3 , numa relação molar de 4:1 por um período de 60 dias, sendo a quantidade do corretivo estimada pela acidez potencial (H+Al) dos solos (KAMINSKI et al., 2002). Não houve necessidade de correção para o vertissolo.

O experimento consistiu na aplicação de diferentes doses de P em amostras de 2 kg de solo, utilizando-se como fontes KH_2PO_4 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ e NaH_2PO_4 , visando uniformizar o fornecimento de N e K nos tratamentos. As doses de P corresponderam aos níveis de 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0 da CMAP de cada solo (Tabela 1).

As amostras foram incubadas com as diferentes doses de P por 90; 60; 30; 15; e 0,5 dia e esses períodos de incubação foram iniciados em diferentes épocas de modo a se ter, num mesmo e último dia os diferentes períodos de equilíbrio solo-P satisfeitos. Durante todo período de incubação manteve-se a umidade em torno de 80% da sua capacidade de campo determinada pelo método da panela de pressão (EMBRAPA, 1997). Utilizou-se água destilada para repor as perdas por evaporação e manter a umidade adequada. Para exercer esse controle os sacos

Tabela 1. Caracterização física e química dos solos.

Característica	Solo	
	NVdf	VEo
Areia (dag kg ⁻¹)	11,8	29,8
Silte (dag kg ⁻¹)	17,5	15,5
Argila (dag kg ⁻¹)	70,7	54,7
Ds (g cm ⁻³) ⁽¹⁾	1,12	1,72
Dp (g cm ⁻³) ⁽²⁾	2,89	2,56
Cc (%) ⁽³⁾	39,7	39,5
PMP (%) ⁽⁴⁾	29,6	27,5
pH H ₂ O (1:2,5)	4,4	6,8
P Mehlich-1 (mg dm ⁻³)	2,36	495,6
Na (cmolc dm ⁻³)	0,03	1,39
K (cmolc dm ⁻³)	0,02	0,3
Ca+Mg (cmolc dm ⁻³)	1,2	72,7
Al (cmolc dm ⁻³)	0,45	0,0
H+Al (cmolc dm ⁻³)	5,85	1,48
C org. (g kg ⁻¹)	0,76	5,8
CMAP (mg cm ⁻³) ⁽⁵⁾	2,44	0,31
EA (mg L ⁻¹) ⁽⁶⁾	1,11	0,35
P-rem (mg L ⁻¹) ⁽⁷⁾	0,37	37,3
FCP (10 ⁻⁸ mol/cm ³ /upF) ⁽⁸⁾	333,0	69,0

⁽¹⁾Ds = densidade do solo; ⁽²⁾Dp = densidade de partículas; ⁽³⁾Cc = capacidade de campo; ⁽⁴⁾PMP = ponto de murcha permanente; ⁽⁵⁾CMAP = capacidade máxima de adsorção de P; ⁽⁶⁾EA = energia de adsorção; ⁽⁷⁾P-rem = P remanescente; ⁽⁸⁾FCP = fator capacidade de fósforo.

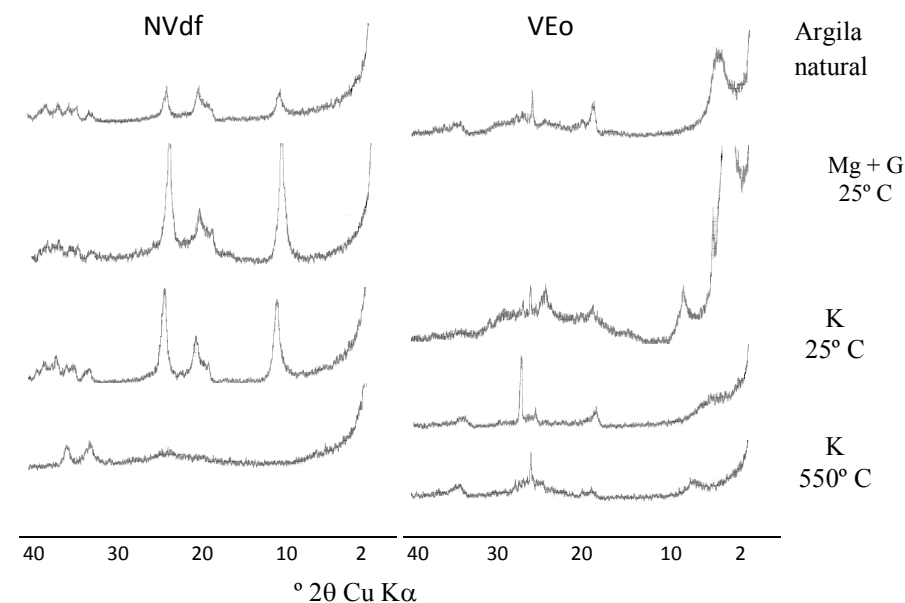


Figura 1. Difratogramas da fração argila dos solos em diferentes tratamentos com a presença de hematita no Nitossolo Vermelho distroférrico (NVdf) e argilominerais 2:1 no Vertissolo Ebânico órtico (VEo).

plásticos eram pesados diariamente.

Terminado o período de incubação, os sacos plásticos foram acondicionados em vasos plásticos de 2,5 L e levados para a casa de vegetação. Foram dispostos em um arranjo fatorial 5x5x2 (cinco níveis de P, cinco épocas de incubação e dois solos), com os tratamentos distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições.

Imediatamente semeou-se o milho cultivar BR 106, e aos 15 dias realizou-se o desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso. Nessa ocasião reali-

zou-se uma adubação com 60; 1,2; 0,8; 1,5; 3,5; 0,15; e 4 mg dm⁻³ de S, Cu, B, Fe, Mn, Mo e Zn, respectivamente. Durante todo o período de cultivo, a umidade dos solos foi mantida a 80% da capacidade de campo (EMBRAPA, 1997) por meio da pesagem diária dos vasos com o objetivo de repor a água perdida por evapotranspiração.

A colheita da parte aérea foi realizada aos 35 dias após a semeadura. O material colhido foi seco em estufa a 60 °C por 72 horas, sendo a massa da matéria seca pesada, triturada e mineralizada por

uma mistura nítrico-perclórica (BATAGLIA et al., 1983), obtendo-se extratos nos quais foram determinados os teores de P por colorimetria (BRAGA; DEFELIPO, 1974).

Foram ajustadas equações de regressão da produção de matéria seca da parte aérea e teor de P como variáveis dependentes das doses de P aplicadas e dos tempos de incubação. A partir da regressão produção de matéria seca em função do P aplicado estimaram-se as doses de P para obtenção de 90% da produção máxima. Com essas doses e utilizando a regressão teor de P em função do P aplicado, determinaram-se os níveis críticos de P na parte aérea das plantas de milho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de P estimadas para 90% da produção máxima de matéria seca apresentaram tendência crescente com o tempo de incubação no NVdf e de-

crecente no VEO (Tabela 2). Bonfim et al. (2004) e Paiva et al. (2012) mostraram que em solo com maior CMAP, alto FCP e baixo valor de P-rem, como encontrado no NVdf (Tabela 1) usado nesse trabalho, a adsorção de P com o tempo de incubação é maior, o que requer doses mais elevadas para manter uma concentração de P em solução capaz de, pelo menos, não permitir redução na produção de matéria seca. Até os 30 dias de incubação o solo NVdf foi fonte de P. A partir desse momento passou a ser dreno e a dose de P foi duas vezes maior entre os 30 e os 90 dias de incubação, para uma produção de matéria seca de 24 g/vaso. Para isso as doses de P variaram de 544,30 a 1.142,40 mg dm⁻³, respectivamente (Tabela 2).

No VEO, a menor avides desse solo pelo P que lhe foi aplicado, fez com que o tempo de contato do P com o solo, pouco tenha influenciado as doses para se atingir 90% da produção máxima de milho (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de matéria seca da parte aérea de plantas de milho (g/vaso) em função do fósforo aplicado (mg dm⁻³) em diferentes tempos de incubação (dia) e dose (D_{90%}) de máxima eficiência econômica (mg dm⁻³) nos solos Nitossolo Vermelho distroférrico (NVdf) e Vertissolo Ebânico órtico (VEo).

Solo	Tempo (dia)	Equação	R ²	D _(90%)
NVdf	0,5	$\hat{y} = 0,0482273 + 0,842514 * \sqrt{x} - 0,0117178 * x$	0,975	608,10
	15	$\hat{y} = 0,278724 + 1,31281 * \sqrt{x} - 0,0206760 * x$	0,946	467,85
	30	$\hat{y} = 0,272156 + 1,50182 ** \sqrt{x} - 0,0218980 * x$	0,984	544,30
	60	$\hat{y} = 0,360764 + 1,17116 * \sqrt{x} - 0,0130313 * x$	0,974	951,10
	90	$\hat{y} = 0,326052 + 1,00556 * \sqrt{x} - 0,0101482 * x$	0,982	1.142,40
VEo	0,5	$\hat{y} = 3,78661 + 0,131233 * x - 0,000377277 * x^2$	0,927	114,30
	15	$\hat{y} = 5,40402 + 1,35663 * \sqrt{x} - 0,0503847^{\otimes} * x$	0,894	64,0
	30	$\hat{y} = 5,36449 + 0,842577^{\otimes} \sqrt{x} - 0,0325416^{ns} * x$	0,712	54,0
	60	$\hat{y} = 5,37314 + 0,0701190 * x - 0,000182315 * x^2$	0,953	110,0
	90	$\hat{y} = 3,2419 + 1,48516^{\otimes} \sqrt{x} - 0,0597997^{ns} * x$	0,822	61,15

** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; [⊗] = significativo a 10% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} = não significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Para melhor entender as relações dos teores de P nas plantas nos diferentes solos, realizou-se cortes na superfície de resposta ajustada entre teores de P nas plantas de milho em função das doses aplicadas nos diferentes tempos de incubação (Figura 2).

No NVdf, observou-se diminuição dos teores de P em função do tempo, principalmente nas maiores doses aplicadas, explicado pela elevada velocidade de adsorção deste solo, demonstrada pela amplitude entre o menor e o maior tempo de incubação. Contrariamente, no VEO, como a velocidade de adsorção é reduzida, essa amplitude praticamente não existe, independente da dose aplicada.

A partir das doses de P estimadas para 90%

da produção máxima de matéria seca (Tabela 2) e das equações ajustadas entre os teores de P na planta em função das doses aplicadas nos diferentes tempos de incubação (Tabela 3), estimaram-se os níveis críticos de P nas plantas (Tabela 4).

Em ambos os solos houve redução nos teores de P nas plantas de milho com o tempo de incubação (Tabela 3), justificando-se pelo decréscimo do P disponível em função do tempo. Mesmo assim, houve aumento na produção de matéria seca do milho (Tabela 2), principalmente quando cultivado no NVdf, enfatizando, possivelmente, o maior ajuste metabólico do milho neste solo, refletindo-se numa maior eficiência de utilização de P.

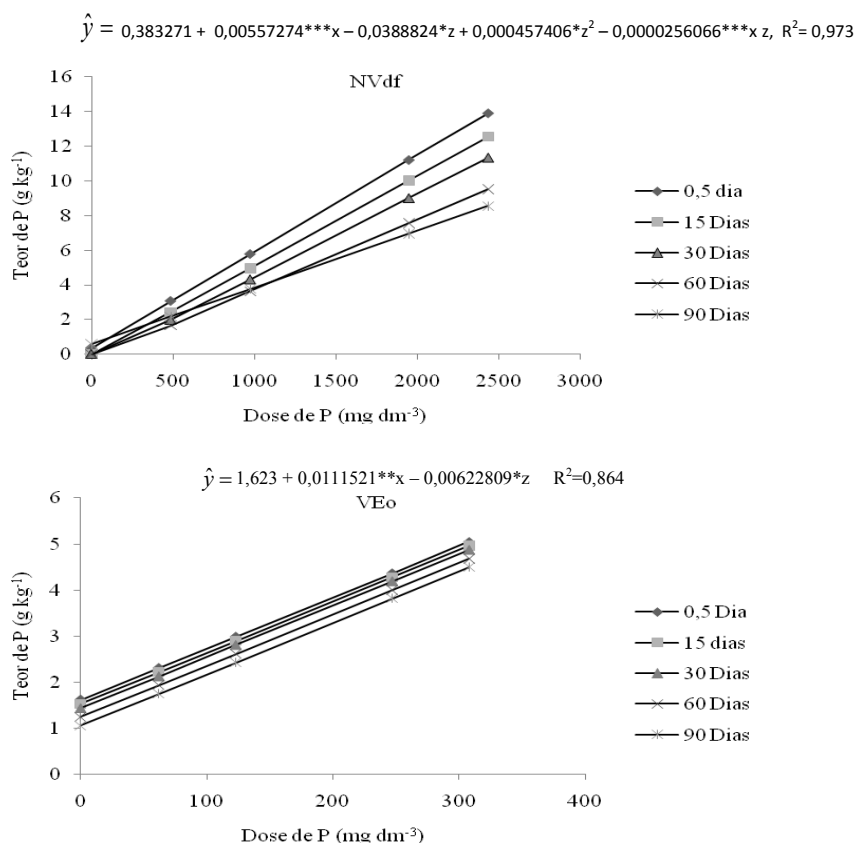


Figura 2. Teor de fósforo na parte aérea de plantas de milho em função do fósforo aplicado e em função dos diferentes tempos de incubação nos solos Nitossolo Vermelho distroférrico (NVdf) e Vertissolo Ebânico órtico (VEo).

Tabela 3. Teor de fósforo na parte aérea de plantas de milho (g kg^{-1}) em função do fósforo aplicado (mg dm^{-3}) nos diferentes tempos de incubação (dias) nos solos Nitossolo Vermelho distroférrico (NVdf) e Vertissolo Ebânico órtico (VEo).

Solo	Tempo (dia)	Equação	R ²
NVdf	0,5	$\hat{y} = -0,00252253 + 0,000588908***x$	0,994
	15	$\hat{y} = -0,0235988 + 0,000531104***x$	0,984
	30	$\hat{y} = -0,0188535 + 0,000452001***x$	0,977
	60	$\hat{y} = 0,0188711 + 0,000367053***x$	0,989
	90	$\hat{y} = 0,00637439 + 0,000367224*x$	0,916
VEo	0,5	$\hat{y} = 0,171743 + 0,00086110*x$	0,768
	15	$\hat{y} = 0,123793 + 0,00235890*x - 0,00000328694^{\otimes}x^2$	0,983
	30	$\hat{y} = 0,1277 + 0,00115697***x$	0,990
	60	$\hat{y} = 0,127946 + 0,00110940*x$	0,866
	90	$\hat{y} = 0,101951 + 0,00111116**x$	0,876

*** = significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F; ** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; [⊗] = significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Os níveis críticos nas plantas de milho, em ambos os solos, decresceram com o tempo de incubação (Tabela 4), no entanto, no NVdf a partir dos 30 dias, os níveis críticos foram maiores e crescentes.

No NVdf, após 15 dias de incubação do solo, os níveis críticos passaram a apresentar uma tendência ascendente pelas elevadas e crescentes doses estimadas para 90% da produção máxima (Tabela 2),

resultantes da crescente produção de matéria seca pelo melhor ajuste da planta ao P aplicado.

No VEo, os níveis críticos foram decrescentes com o tempo de incubação dos solos, condizente com as decrescentes doses estimadas para 90% da produção máxima de matéria seca (Tabela 2). A velocidade de adsorção deste solo é pequena e, consequentemente, a exaustão dos sítios de adsorção (se houverem) é lenta. Especificamente no caso deste

Tabela 4. Níveis críticos de fósforo na parte aérea de plantas de milho em função dos diferentes tempos de incubação nos solos Nitossolo Vermelho distroférrico (NVdf) e Vertissolo Ebânico órtico (VEo).

Solo	Tempo (dia)	Níveis críticos de fósforo (g kg ⁻¹)	
NVdf	0,5		3,6
	15		2,2
	30		2,3
	60		3,7
	90		4,3
Média		3,2	
VEo	0,5		2,7
	15		2,6
	30		1,9
	60		2,5
	90		1,7
Média		2,3	

solo, o maior responsável pela sorção de P é o fenômeno da precipitação, principalmente na forma de fosfato de Ca, que depende das condições químicas do meio (SIMÕES NETO et al., 2011).

A maior ou menor competição entre planta e solo pelo P aplicado como fertilizante faz com que a planta se ajuste para utilizar o teor de P que lhe é colocado à disposição, levando a planta a otimizar o uso do nutriente absorvido e acumulado (MUNIZ et al., 1985; BONFIM et al., 2004; MOREIRA, et al., 2006; FARIAS, et al., 2009b). Assim, espera-se que o coeficiente de utilização biológico de P, ou seja, g de matéria seca produzida por g do nutriente aplicado seja menor em solos menos intemperizados e maior em solos argilosos intemperizados, que apresentam alta CMAP (BONFIM et al., 2004; CHAVES et al., 2007). No NVdf, o nível crítico médio nas plantas foi 3,2 g kg⁻¹ (Tabela 4) para uma produção média de 21,30 g de matéria seca (Tabela 2), considerando-se as produções correspondentes a 90% da produção máxima, ao passo que no VEo o nível crítico médio foi 2,3 g kg⁻¹ (Tabela 4) para uma produção média de 11,73 g de matéria seca (Tabela 2), convergindo para um coeficiente de utilização biológico de P de 1,3 vez maior do NVdf em relação ao VEo, por ser o solo de maior CMAP, alto FCP e baixo valor de P-rem (Tabela 1).

CONCLUSÃO

As plantas de milho foram mais eficientes na utilização de P no Nitossolo Vermelho de maior capacidade máxima de adsorção de P e os níveis críticos da parte aérea apresentaram-se decrescentes com o aumento do tempo de incubação no Vertissolo Ebânico de menor capacidade máxima de adsorção de P.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. H. et al. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 27-32. (Boletim Infor-

mativo, 25).

BASTOS, A. L. et al. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 485-491, 2010.

BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 20p. (Boletim técnico, 78).

BONFIM, E. M. S. et al. Níveis críticos de fósforo para Braquiaria brizantha e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 323-328, 2004.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, p. 73-85, 1974.

BROGGI, F. et al. Adsorption and chemical extraction of phosphorus as a function of soil incubation time. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 32-38, 2010.

CALHEIROS, A. S. et al. Nível crítico de fósforo por diferentes extratores químicos em Neossolo Flúvico alcalino cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 590-596, 2012.

CHAVES, L. H. G. et al. Adsorção de fósforo em materiais de Latossolo e Argissolo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 104-111, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

FARIAS, D. R. et al. Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba. I. Isotermas de adsorção e

- medidas do fator capacidade de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 633-646, 2009b.
- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis-advanced course**. Madison: University of Wisconsin, 1969. 134 p.
- KAMINSKI, J. et al. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1107-1113, 2002.
- MOREIRA, F. L. M. et al. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará, **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 7-12, 2006.
- MUNER, L. H. de et al. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 29-36, 2011.
- MUNIZ, A. C. et al. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, p. 237-243, 1985.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. 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. **Optimization of plant nutrition**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 73-76.
- PAIVA, M. R. de F. C. et al. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho-verde na chapada do Apodi-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2012.
- ROCHA, A. T. et al. Fracionamento do fósforo e avaliação de extratores do P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 178-184, 2005.
- SIMÕES NETO, D. E. et al. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 840-848, 2009. Suplemento
- SIMÕES NETO, D. E. et al. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p.802-810, 2011.
- SOUZA JÚNIOR, R. F. et al. Frações de fósforo inorgânico do solo e suas correlações com o fósforo quantificado por extratores e pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 159-169, 2012.