



Dinâmica do cálcio contido nos adubos fosfatados em solo cultivado com alfafa e avaliação de extratores¹

Adônis Moreira^{2,4}, Euripedes Malavolta^{3,4}, Joaquim Bartolomeu Rassini², Reinaldo de Paula Ferreira²

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, financiado pela FAPESP.

²Embrapa Pecuária Sudeste (CPPSE) – São Carlos, SP. e-mail: adonis@cnpse.embrapa.br, rassini@cnpse.embrapa.br, reinaldo@cnpse.embrapa.br

³Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) – Piracicaba, SP. e-mail: mala@cena.usp.br

⁴Bolsista do CNPq

Resumo: O objetivo deste trabalho foi estudar em Latossolos Vermelho Amarelo distrófico, a dinâmica do Ca contido nos adubos fosfatados usado no cultivo da alfafa (*Medicago sativa* L.) e avaliar o Ca trocável por três extratores. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4 com quatro adubos fosfatados [fosfato natural de Arad (FNA), fosfato natural da Carolina do Norte (FNCN, termofosfato “Yoorin” (TY) e superfosfato triplo (SFT)] e quatro doses dos fertilizantes, com três repetições. Foram realizados seis cortes com intervalo de 30 dias. Em cada corte foi determinada a produção de matéria seca da parte aérea (caule e folha) e o teor total de Ca no tecido foliar e trocável no solo. O TY propiciou a maior produção de matéria seca total. Os extratores KCl 1,0 mol/L, Mehlich 3 e resina apresentaram alta correlação entre si na determinação do Ca trocável. Somente o FNCN apresentou correlação com o teor e conteúdo de Ca na planta.

Palavras-chave: KCl 1,0 mol/L, matéria seca, *Medicago sativa*, Mehlich 3, resina trocadora de íons

Dynamic of Ca into phosphate manure and extractants evaluation in soil cultivated with alfalfa

Abstract: The objective of this work was to study the dynamic of Ca into phosphate manure in alfalfa (*Medicago sativa*) conducted out in dystrophic Red Yellow Latosol (Oxisol), and to evaluate exchangeable Ca by three extractants. The experimental design was a completely randomized in a 4x4 factorial scheme with four sources [Arad rock phosphate (ARP), North Caroline rock phosphate (NCRP), triple superphosphate (TSP) and “Yoorin” thermophosphate (YTP) and four rates of fertilizer, with three replicates. Six monthly harvests were made. In each harvest was determined aerial dry matter yield and Ca content and exchangeable in soil. YTP ranked first in the total dry matter yield. The Mehlich 3, KCl 1,0 mol/L and resin extractants presented each other a high correlation in the evaluation of the exchangeable Ca. Only the NCRP showed significant correlation with Ca concentration and content in plant.

Keywords: dry matter, exchangeable resin, KCl 1,0 mol/L, *Medicago sativa*, Mehlich 3

Introdução

Existem inúmeros estudos comparando fontes fosfatadas, porém, quase que a totalidade não levam em consideração o efeito dos elementos acompanhantes dos fertilizantes, exceção feita ao silício (SiO₃) nos termofosfatos, agindo como corretivo da acidez do solo (Moreira et al., 2002). As fontes solúveis, no caso dos superfosfatos além do fósforo pode conter altas quantidades de Ca e no caso do superfosfato simples, também S, os fosfatos amoniacais contêm N (Ribeiro et al., 1999), enquanto os fosfatos naturais, dependendo da sua origem, podem apresentar inúmeros elementos.

Com relação aos extratores, inúmeros métodos têm sido utilizados para diagnosticar o grau de disponibilidade de Ca no solo para as plantas. Atualmente nas análises de rotina feitas no Brasil, empregam-se basicamente dois métodos: KCl 1,0 mol/L e resina trocadora de íons. O extrator KCl 1,0 mol/L é o mais empregado no Brasil, à exceção do Estado de São Paulo, dada a viabilidade prática e econômica na rotina. Outro método de extração que vem sendo estudado, e se mostra promissor no uso na rotina é o extrator Mehlich 3.

O objetivo deste trabalho foi verificar a dinâmica do Ca contido nos fertilizantes fosfatados no solo e na planta de alfafa (*Medicago sativa*, cv. Florida 77), cultivada em Latossolo Amarelo distrófico, e avaliar a quantidade de Ca trocável no solo por três extratores: Mehlich 3, KCl 1,0 mol/L e resina trocadora de íons.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico [pH em CaCl₂ 0,01 mol/L = 3,7; C = 11,8 g/kg; P(resina) = 4,0 mg/kg; K = 1,0 mmol_c/dm³; Ca = 3,0 mmol_c/dm³; Mg = 2,0 mmol_c/dm³; S-SO₄²⁻ = 59,0 mg/kg; H+Al = 96,0 mmol_c/dm³ e Al = 21,0 mmol_c/dm³], em vasos com cinco litros de capacidade sob condições de casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura. O



delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4, com três repetições. Os tratamentos consistiram: quatro adubos fosfatados [fosfato natural reativo de Arad, fosfato natural reativo da Carolina do Norte, termofosfato “Yoorin” e superfosfato triplo (Tabela 1)] e quatro doses de Ca (D1, D2, D3 e D4) calculadas em função das doses de P (Tabela 2).

Tabela 1. Características dos adubos fosfatados.

Características %	Fontes			
	Fosfato natural da Carolina do Norte	Fosfato natural de Arad	Termofosfato Yoorin	Superfosfato triplo
P₂O₅				
Total	30,0	33,0	18,0	43,0
Solúvel em água	0,0	0,0	0,0	37,9
Solúvel em ácido cítrico	9,3	9,9	16,5	39,0
Solúvel em citrato+água	5,3	2,9	7,5	41,6
Ca	34,0	37,0	20,0	20,0

As sementes de alfafa, cv. Florida 77, foram inoculadas com *Shinorhizobium meliloti* e tratadas com 0,1 mg/L de Mo e 0,01 mg/L de Co (Moreira et al., 2007). Foram aplicadas adubações uniformes de K (150 mg/kg), S (100 mg/kg), B (0,5 mg/kg), Cu (1,5 mg/kg), Fe (5,0 mg/kg), Mn (5,0 mg/kg) e Zn (5,0 mg/kg) (Malavolta, 1980), e utilizou calcário dolomítico (400 g/kg de CaO, 150 g/kg de MgO e PRNT = 86%) para elevar a saturação por bases a 80%. Foram realizados seis cortes com intervalo de 30 dias para obtenção da produção de matéria da parte aérea. O teor de Ca total no tecido foi obtido após cada corte e o conteúdo, expresso em mg/vaso, foi a soma do Ca exportado em cada coleta de matéria seca.

Tabela 2. Conversão da quantidade de cálcio equivalente em fósforo aplicado em cada adubo fosfatado.

Tratamentos	P (mg/kg)	Adubos fosfatados – Ca (mg/kg)			
		Fosfato natural da Carolina do Norte	Fosfato natural de Arad	Termofosfato Yoorin	Superfosfato triplo
D1	0	0	0	0	0
D2	50	128 (256)	128 (256)	130 (260)	54 (108)
D3	100	256 (512)	256 (512)	260 (520)	108 (216)
D4	200	512 (1024)	512 (1024)	520 (1040)	216 (432)

Entre parênteses a quantidade de Ca aplicada em t/ha.

No solo, o Ca trocável foi obtido mediante o uso dos extratores Mehlich 3, KCl 1,0 mol/L e resina trocadora de íons. Antes do plantio e após cada corte, foi retirada uma amostra de solo de cada vaso com microtrado, e juntadas as repetições.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste de F, regressão, correlação e comparação de contrastes entre médias com o teste de Tukey a 5% de significância (Pimentel Gomes & Garcia, 2002).

Resultados e Discussão

Aa alfafa respondeu significativamente ($p \leq 0,05$) aos fertilizantes fosfatados, sendo a produção muito reduzida na ausência do adubo (Tabela 3). As maiores produções de matéria foram obtidas com o termofosfato Yoorin. Segundo Castro (1991), tal resultado pode ser atribuído aos efeitos nutricionais e corretivos dos silicatos presentes nestes materiais, e neste caso, o aumento da produção de matéria seca não seria atribuído apenas à disponibilidade de P e Ca presentes no fertilizante. O contrário ocorreu com fosfatos naturais, que apesar dos altos teores de Ca, os mesmos não apresentam solubilidade do P em água e baixa em ácido cítrico, ocasionando em pequena disponibilidade do nutriente nos primeiros cortes. Porém, com acidificação natural do solo advindo da atividade do sistema radicular, com o passar do tempo a disponibilidade dos nutrientes para as plantas tende a aumentar.

Tabela 3. Produção de matéria seca da alfafa de acordo com as doses e adubos fosfatados.

Doses (mg/kg)	Fosfato natural da Carolina do Norte	Fosfato natural de Arad	Termofosfato Yoorin	Superfosfato triplo
D0	12,36	12,36	12,36	12,36
D1	29,23 bc	27,62 c	33,53 a	32,38 ab
D2	32,28 b	35,97 b	42,67 a	34,58 b
D3	40,56 c	38,56 d	50,17 a	46,07 b
Teste F	318,11**	586,41**	238,06**	438,17**

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey



Com relação ao teor e conteúdo de Ca na matéria seca da parte aérea, apesar de todas equações de regressão indicarem efeito positivo, somente a obtida com o fosfato natural da Carolina do Norte apresentou significância (Tabela 4). Possivelmente, as altas quantidades de calcário utilizadas no solo para elevar a saturação por bases até 80% tenham mascarado o efeito do Ca dos fertilizantes fosfatados.

Tabela 4. Regressões entre as doses e os teores de Ca na matéria seca da parte aérea da alfafa, em quatro fontes de fertilizantes fosfatados.

Azubos fosfatados	Teor (g/kg)	Conteúdo (g/kg)
Fosfato natural da Carolina do Norte	$\hat{y} = 12,377 + 0,004*x$ $R^2 = 0,90$	$\hat{y} = 15,203 + 0,012*x$ $R^2 = 0,91$
Fosfato natural de Arad	$\hat{y} = 13,371 + 0,001^{NS}x$ $R^2 = 0,61$	$\hat{y} = 18,628 + 0,003^{NS}x$ $R^2 = 0,26$
Termofosfato Yoorin	$\hat{y} = 13,450 + 0,001^{NS}x$ $R^2 = 0,22$	$\hat{y} = 18,546 + 0,007^{NS}x$ $R^2 = 0,22$
Superfosfato triplo	$\hat{y} = 13,512 + 0,002^{NS}x$ $R^2 = 0,08$	$\hat{y} = 19,785 + 0,005^{NS}x$ $R^2 = 0,07$

*significativo a 5%; ^{NS}não significativo.

As correlações entre os extratores resina trocadora de íons, Mehlich 3 e KCl 1,0 mol/L são mostrados na Figura 1. Corroborando a revisão feita por Raij et al. (1986), os extratores foram eficientes na avaliação do Ca trocável, conforme observado na alta significância dos coeficientes angulares e os altos coeficientes de correlação. Esses resultados demonstraram que esses métodos enquadram-se satisfatoriamente nas condições do estudo da fertilidade do solo na determinação do Ca trocável.

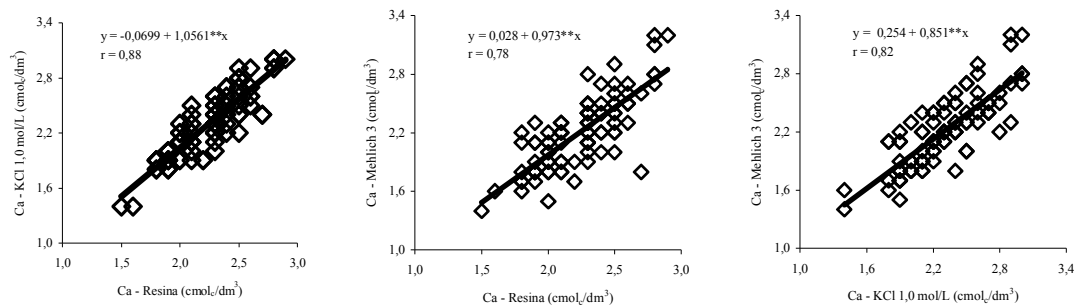


Figura 1. Correlações entre os extratores de Ca – resina, KCl 1,0 mol/L e Mehlich 3 dentro dos quatro adubos fosfatados em solo cultivado com alfafa. **significativo a 1% de probabilidade.

Conclusões

O uso do termofosfato “Yoorin” propiciou maior produção de matéria seca total, enquanto que somente o fosfato natural da Carolina do Norte correlacionou com o teor e conteúdo de Ca na planta. Os extratores Mehlich 3, KCl 1,0 mol/L e a resina trocadora de íons foram similares na estimação do Ca trocável do solo.

Literatura Citada

- CASTRO, C. **Avaliação agrônômica de termofosfatos magnesianos fundidos, produzidos a partir de minérios oriundos de Maicuru – PA.** Belém, 1991, 80p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.
- MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição Mineral de Plantas.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980, 251p.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L.A.C. Eficiência de fontes e doses de fósforo na alfafa e na centrosema cultivadas em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1459-1466, 2002.
- PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais.** Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Piracicaba: Fundação Cargill, 1987, 170p.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p. (5^a Aproximação)