

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO TERMOFOSFATO NA FERTILIDADE  
DE DOIS SOLOS ATRAVÉS DO USO DE MÉTODOS  
QUÍMICO E BIOLÓGICO**

Júlio Nakagawa (1)  
Leonardo T. Bull (2)  
Antonio E. Boaretto (1)  
Luiz A. Felipe (2)

**INTRODUÇÃO**

Trabalhos realizados com termofosfato, no Estado de São Paulo, têm mostrado bons resultados do ponto de vista de produção, como se pode verificar no breve resumo bibliográfico.

GARGANTINI & SANTOS (1971) obtiveram melhor produção de soja com termofosfato, chegando mesmo a alcançar três vezes a produção alcançada com a aplicação de superfosfato triplo, quando o solo se apresentava ácido. GARGANTINI, FEITOSA & IGUE (1972), na cultura de trigo, alcançaram efeitos semelhantes para termofosfato e superfosfato, dando vantagem para o segundo, em solo que recebeu calcário. GARGANTINI & SOARES (1973), também em trigo, cultivado em solo ácido e com baixo teor de fósforo, obtiveram produções relativas entre 80 a 90%, tendo

---

(1) Faculdade de Ciências Agrônômicas, "Campus" de Botucatu, UNESP.

(2) Bolsista do CNPq, Faculdade de Ciências Agrônômicas, "Campus" de Botucatu.

como padrão o superfosfato triplo; a análise do solo determinou, em efeito residual, teores maiores de cálcio e de magnésio nos tratamentos com termofosfato, mesmo em confronto com aqueles solos em que se fez a calagem. SILVA, FERRAZ & CAPANA (1977), estudando por seis anos agrícolas sucessivos, com superfosfatos e termofosfatos na cultura do algodoeiro, concluíram que os termofosfatos concorreram para estabilizar o índice pH e elevar o nível de magnésio no solo, além do teor do próprio fósforo. FEITOSA & outros (1978), comparando o efeito de vários fosfatos, relataram que o melhor foi o superfosfato triplo, seguido de termofosfato (Yoorin) para a cultura do trigo. NAKAGAWA, CONCEIÇÃO & ZANIN (1978) estudaram métodos de aplicação de alguns fosfatos em hortaliças e avaliaram os seus efeitos residuais; após três anos sucessivos, destacou-se o termofosfato em sua análise geral, sobressaindo-se principalmente nos dois últimos anos.

Considerando que as causas dos efeitos do termofosfato quase sempre não são analisadas, considerando que é um material com boas características químicas para solos nacionais, geralmente ácidos e pobres em fósforo e considerando tratar-se de um fertilizante não solúvel em água, portanto teoricamente de menor disponibilidade imediata às plantas, programou-se o presente trabalho, procurando verificar os efeitos na fertilidade do solo e a disponibilidade de fósforo face a diferentes períodos de incubação, utilizando-se para tanto uma planta teste, no caso a alface.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e em vasos de barro com capacidade para cinco litros de solo.

Para aquilatar o efeito da granulometria do solo, utilizou-se um solo arenoso (LVa) e outro argiloso (LR). A cada 21 dias foi aplicado termofosfato nas doses de 100 ppm e 200 ppm de P respectivamente para solos arenoso e argiloso. Após a aplicação umedeceu-se e deixava -

se incubados em sacos plásticos e em ambiente escuro. O processo foi repetido por seis vezes, resultando seis seguintes tratamentos, com quatro repetições:

- 1 - 1ª época - 22/04/78 - 105 dias de incubação.
- 2 - 2ª época - 13/05/78 - 84 dias de incubação.
- 3 - 3ª época - 03/06/78 - 63 dias de incubação.
- 4 - 4ª época - 24/06/78 - 42 dias de incubação.
- 5 - 5ª época - 15/07/78 - 21 dias de incubação.
- 6 - 6ª época - 05/08/78 - dia de transplante.
- 7 - Testemunha, tratamento adicional sem fósforo.

A coleta de amostras de solos foi feita por ocasião do plantio e nessas amostras procederam-se às determinações de pH, hidrogênio trocável e fósforo solúvel, empregando-se os métodos descritos em CATANI, GALLO & GARGANTINI (1955); determinaram-se ainda matéria orgânica, cálcio, magnésio, potássio e alumínio.

O fornecimento dos elementos nutrientes para as plantas foi feito através de solução nutritiva isenta de fósforo, seguindo bases preconizadas em WAUGH & FITTS (1966). Tendo sido verificado que as doses de solução nutritiva fornecidas quinzenalmente não atendiam às necessidades da planta em nitrogênio, aplicou-se até a colheita, solução complementar desse elemento na base de 42 mg de N por vaso.

Aproximadamente 75 dias após o transplante, procedeu-se à colheita, sendo determinado o número de folhas e o peso de matéria verde das plantas. Em seguida, foram levadas em estufa, a 60°C, e deixadas até peso constante, quando se obteve peso da matéria seca. O material seco foi a seguir moído para se obter extrato através da digestão nítrico-perclórica, a partir de 0,100 g do material moído.

No extrato determinaram-se teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos quadros I e II constam os resultados das análises químicas dos solos, coletados no dia do transplante de alface, cujos valores representam a média de quatro repetições.

A análise desses quadros mostra, quanto ao pH, que no LVA manteve-se praticamente inalterado, enquanto no LR, verifica-se acentuada elevação, quando comparados aos respectivos tratamentos sem fósforo, mas em duas situações houve estabilização do pH, fato observado também por SILVA, FERRAZ & CAMPANA (1977).

Quanto ao teor de alumínio trocável, pode-se notar que para o LR, o alumínio passou de um nível muito tóxico (1,66) para níveis não tóxicos (menor que 0,6 e.mg/100 g de solo).

De certa forma, esta mesma linha pode ser observada, porém no sentido inverso, isto é, houve incrementos sensíveis de cálcio e de magnésio, sendo novamente maior o efeito no LR. Para magnésio houve acréscimo mínimo de três vezes e um máximo de cinco vezes e para o cálcio os valores ficaram entre duas a sete vezes, em relação aos valores encontrados às testemunhas sem termofosfato, concordando com dados de GARGANTINI & SOARES (1973).

Em relação ao potássio, o resultado é normal e contínuo, pois o teor deste elemento não sofreu a interferência do termofosfato que não apresenta esse nutriente em sua formação.

No confronto entre os dois solos, verifica-se que no LR o pH se elevou, o teor de alumínio decresceu, elevaram-se os teores de cálcio, de magnésio e do fósforo mais do que no LVA. Pode-se deduzir que tais resultados foram conseqüências de ter-se aplicado o dobro de termofosfato neste solo (200 ppm contra 100 ppm no LVA), muto embora o LR tenha alta capacidade de retenção de fósforo pela presença de sesquióxidos de ferro.

QUADRO I - Resultados médios das análises químicas do solo LVa, para os diferentes tratamentos, tomando-se amostras no dia do transplante de alface.

Tratamentos	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O. %	e. mg p/100g TFSA						ppm		V %
			H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	P			
1	5,80	0,99	2,96	0,30	1,27	0,86	14,8	46,0	39,94		
2	5,55	0,92	3,08	0,30	1,25	0,86	16,0	40,0	38,89		
3	5,60	1,03	2,88	0,26	1,31	0,95	17,0	26,0	42,32		
4	5,70	1,02	2,80	0,26	1,48	1,00	16,4	42,0	45,18		
5	5,60	1,00	2,80	0,24	1,43	0,96	16,0	49,0	44,43		
6	6,00	1,01	2,72	0,28	1,60	1,10	18,0	60,0	47,79		
7	5,80	0,98	3,32	0,45	0,64	0,37	18,4	2,3	21,90		

QUADRO II - Resultados médios das análises químicas do solo LR, para os diferentes tratamentos, tomando-se amostras no dia do transplante de alfafa.

Tratamentos	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O. %	e. mg p/100g TFSA						ppm		V %
			H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	P			
1	5,40	2,58	7,40	0,34	2,64	1,90	29,7	58,0	37,36		
2	5,45	2,38	7,04	0,34	2,62	1,85	26,6	64,0	38,10		
3	5,45	2,49	7,40	0,38	2,29	1,89	30,5	38,0	35,37		
4	5,45	2,59	7,44	0,40	2,83	1,93	28,1	65,0	38,13		
5	5,40	2,65	7,60	0,46	2,58	1,74	28,1	67,0	35,27		
6	5,30	2,57	8,08	0,51	2,96	2,00	28,9	82,0	36,95		
7	4,90	2,54	9,32	1,66	0,44	0,41	30,9	1,5	7,80		

A figura 1 mostra teor maior de fósforo solúvel no período inicial de incubação, uma queda acentuada após sessenta dias para novamente o teor elevar-se. Resultado semelhante foi encontrado pelos autores\* em trabalho semelhante, o que leva a supor que após uma fase de solubilização o fósforo solúvel reagiria com componentes minerais, principalmente, de ferro e de alumínio, deslocando o equilíbrio entre os fosfatos solúveis e não solúveis. Após um período mais longo de incubação ocorreria um restabelecimento de equilíbrio entre aquelas duas formas de fosfatos. Todavia são hipóteses, uma vez que, conforme MENGEL & KIRKBY (1978), a solubilidade de fosfatos no solo não é fácil de se prever.

Os dados do quadro III mostram maior produção para LR e maiores diferenças entre as produções obtidas no LVA. Considerando o melhor desenvolvimento da alface no LR é de se supor que a dose de 100 ppm de P adicionado ao solo LVA tenha sido pouco para este tipo de solo, fazendo acentuar a diferença em função da solubilização do termofosfato. De qualquer maneira, nota-se que há efeito maior do termofosfato aplicado no ato do transplante da alface. O que deve ocorrer é que numa competição entre sistema radicular e outros componentes minerais de solo em "apanhar" o fósforo solubilizado o primeiro deve levar vantagens, embora caiba lembrar novamente MENGEL & KIRKBY (1978) que consideram a disputa pelos minerais fosfatados do solo, em nutrição de plantas, muito complexa.

Pelo quadro IV, nota-se de certa forma um paralelismo entre os teores de nutrientes no solo e na planta, principalmente em relação ao fósforo e ao cálcio e, com relação ao solo, notadamente, para LVA.

A fim de se avaliar melhor cada um dos valores obtidos, fez-se uma série de correlações entre os teores e a produção. Esses dados seguem no quadro V. Observando-se os valores de r deste quadro vê-se que as produções e teores de fósforo, de cálcio e de magnésio correlacionaram significativamente, independente do tipo de solo.

\* Trabalho não publicado.

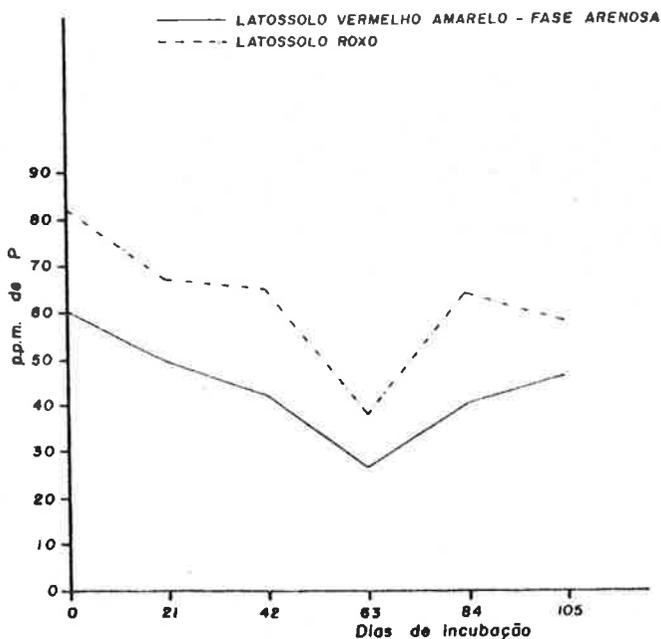


FIGURA 1. Gráfico demonstrativo da variação dos teores médios de fósforo solúvel nos diversos períodos de incubação, quando da aplicação de termo fosfatos em LVA e LR.

QUADRO III - Resultados médios do número de folhas, peso da matéria verde (em grammas) e peso da matéria seca (em grammas) para os diferentes tratamentos nos dois tipos de solos, diferenças mínimas significativas e coeficientes de variação.

Tratamentos	Número de folhas		Peso de mat. verde		Peso de mat. seca	
	LVa	LR	LVa	LR	LVa	LR
1	26,75a	39,50a	47,96a	105,12a	4,54a	9,19a
2	35,25ab	40,75a	88,71ab	111,58a	8,09ab	10,78a
3	34,00ab	37,50a	75,78ab	116,63a	7,69ab	10,61a
4	33,50ab	42,25a	78,59ab	129,40a	8,69ab	11,75a
5	33,75ab	39,50a	72,75ab	133,31a	7,30ab	10,12a
6	39,50 b	44,00a	119,63 b	139,88a	13,02a	12,95a
7	7,00c	6,50b	1,10c	1,28b	0,19c	0,18b
DMS 5%	12,72	12,76	44,44	47,28	4,98	4,27
CV %	18,27	15,40	27,68	19,35	30,39	19,62

Obs.: Médias com letras diferentes são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

QUADRO IV - Valores médios das porcentagens de cálcio, magnésio, potássio e fósforo nas folhas, para os dois tipos de solos e para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	% cálcio		% magnésio		% potássio		% fósforo	
	LVa	LR	LVa	LR	LVa	LR	LVa	LR
1	1,13	1,22	0,52	0,63	4,19	4,18	0,241	0,257
2	1,29	0,96	0,62	0,51	3,77	3,83	0,237	0,220
3	1,24	1,04	0,64	0,61	3,97	3,85	0,226	0,217
4	1,16	1,17	0,60	0,62	3,59	3,80	0,208	0,225
5	1,31	1,31	0,66	0,68	3,70	4,55	0,265	0,289
6	1,52	1,39	0,62	0,65	3,28	3,86	0,235	0,228
7	0,59	1,07	0,30	0,34	2,57	3,66	0,103	0,109

QUADRO V - Valores de correlações entre as diversas variáveis.

Correlações	r (LVa)	r (LR)
P no solo x Prod. matéria verde	0,82*	0,96**
P no solo x Prod. matéria seca	0,81*	0,87*
P no solo x número de folhas	0,84*	0,78*
Ca no solo x Prod. matéria verde	0,90**	0,97**
Ca no solo x Prod. matéria seca	0,91**	0,97**
Ca no solo x número de folhas	0,95**	0,99**
Mg no solo x Prod. matéria verde	0,91**	0,96**
Mg no solo x Prod. matéria seca	0,91**	0,97**
Mg no solo x número de folhas	0,97**	0,99**
V % x Prod. de matéria verde	0,88**	0,95**
V % x Prod. de matéria seca	0,89**	0,96**
V % x número de folhas	0,95**	0,99**
P na folha x Prod. matéria verde	0,74	0,87*
P na folha x Prod. matéria seca	0,68	0,78*
P na folha x número de folhas	0,87*	0,86*
Ca na folha x Prod. matéria verde	0,96**	0,44
Ca na folha x Prod. matéria seca	0,93**	0,35
Ca na folha x número de folhas	0,97**	0,35
Mg na folha x Prod. matéria verde	0,23	0,93**
Mg na folha x Prod. matéria seca	0,21	0,86*
Mg na folha x número de folhas	0,24	0,88**
K não apresentou significância com nenhuma variável		

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, teste t.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, teste t.

Verifica-se ainda que cálcio e magnésio correlacionaram em níveis de significância maior do que o próprio fósforo. Quanto ao potássio, como era de se esperar, baseado nos dados obtidos pela análise química do solo, não se correlacionou com os parâmetros da produção. Aparentemen

Outro aspecto que pode ser visto são valores de r mais contraditórios entre os teores de nutrientes e das produções, em função do tipo de solo. Durante o ensaio, observaram-se sintomas de deficiência de cálcio em LR e de magnésio em LVA. As correlações mostram que não houve significância entre teores de cálcio e produções para LR e teores de magnésio e produções para LVA. Tais sintomas demonstram a seletividade da análise química de plantas. Nota-se também que o termofosfato não atende em cálcio para LVA e em magnésio para LR.

Um fator importante para avaliar a fertilidade ficou demonstrado ser a porcentagem de saturação em bases. Os quadros I e II mostram os efeitos do termofosfato no incremento da porcentagem de saturação em bases. As correlações desses parâmetros com as produções foram todas significativas para os dois solos. Cumpre destacar ainda a sua seletividade, uma vez que apresentou correlação significativa com o teor de cálcio na planta colhida do solo LVA e com magnésio também na planta obtida no solo LR (quadro V).

## CONCLUSÕES

Para as condições em que foi realizado este trabalho e com base nos resultados alcançados, pode-se concluir que:

- a) os termofosfatos atuam como controladores da acidez nociva provocada pelo alumínio trocável;
- b) em solos do tipo LVA e LR, a aplicação de termofosfatos, devido ao fato deste fertilizante proporcionar uma elevação do pH dos solos, pode reduzir o uso de calcário;
- c) o termofosfato elevou a porcentagem de saturação em bases em 2 vezes no LVA e em 4,5 vezes no LR;

- d) o termofosfato mostrou ser mais eficiente quando aplicado na época do transplante;
- e) houve incremento considerável de fósforo, de magnésio e de cálcio no solo com a adição de termofosfato.

## RESUMO

Através do emprego de métodos químico e biológico, fez-se a avaliação do efeito do termofosfato na fertilidade de dois solos (LVa e LR). Como planta teste utilizou-se a alface (*Lactuca sativa* L.). O termofosfato foi aplicado nos solos com intervalos de 21 dias, totalizando seis tratamentos e um adicional sem fósforo de forma que os períodos de incubação foram 105, 84, 63, 42, 21 e 0 dias. As doses de fósforo variaram em função do tipo de solo, sendo 100 ppm para LVa e 200 ppm para LR. Vencida a época de incubação, foram coletadas amostras de solo de cada vaso nas quais foram feitas as determinações químicas. Após tais determinações, a colheita da alface e as devidas interpretações, pôde-se concluir que: a) o termofosfato diminui a acidez; b) elevou a porcentagem de saturação em bases em duas vezes no LVa e quatro vezes no LR; c) o termofosfato aplicado no plantio propiciou maior produção; d) a aplicação de termofosfato pode reduzir o uso do calcário.

## SUMMARY

The effects of a thermophosphate on fertility of two soils (LVa and LR) were evaluated by using biological and chemical methods. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) was used as testing crop. The thermophosphate was applied into the soils with 21 days of intervals, for six times and one additional treatment within phosphorus, in such a way that the incubation days were 105, 84, 63, 42, 21, and 0. Phosphorus doses differed with soil type, LVa re

ceiving 100 ppm and LR 200 ppm of P. The following conclusions were drawn: a) the thermophosphate decreased acidity and increase V% twice on LVA and four times on LR; b) the thermophosphate applied at transplating time, presented best harvest; c) thermophosphate application can reduce the use of lime.

#### LITERATURA CITADA

CATAÑI, R.A., J.R. GALLO & H. GARGANTINI, 1955. Amostragem de solos, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Cam pinas, Inst. Agron., Bolm. nº 69.

FEITOSA, C.T., B. van RAIJ, A.R. DECHEN & J.C. ALCARDE, 1978. Determinação preliminar da eficiência relativa de fosfatos, para trigo, em casa de vegetação. R. bras. Ci. Solo 2(3): 193-195.

GARGANTINI, H., C.T. FEITOSA & T. IGUE, 1972. Efeito de diversos fertilizantes fosfatados, em diversas condições de acidez do solo, na produção de trigo em vasos. Bragantia 31: 109-117.

GARGANTINI, H. & D. SANTOS, 1971.. Competição de fertilizantes fosfatados em soja. Bragantia 30: 117-124.

GARGANTINI, H. & E. SOARES, 1973. Efeito de diversos fertilizantes fosfatados na produção de trigo cultivado em vasos. Bragantia 32: 193-201.

MENGEL, K. & E.A. KIRKBY, 1978. Principles of Plant Nutrition, Int. Potash Inst., Berne, Switzerland, 593p.

NAKAGAWA, J., F.A.D. CONCEIÇÃO & A.C.W. ZANIN, 1978. Estudos de fontes e modos de aplicação de adubos fos

---

fatados em hortaliças. IV. Efeitos residuais na cultura do pimentão. Resumo in: Anais VII↓ Jorn. Cient. Botucatu.

SILVA, N.M., C.A.M. FERRAZ & M.P. CAMPANA, 1977. Competição entre superfosfato simples e termofosfatos em ensaios permanentes com o algodoeiro. **R. bras. Ci. Solo** 1(1): 34-38.

WAUGH, D.L. & J.W. FITTS, 1966. Estudos para interpretação de análise de solo, de laboratório e em vasos. *Int. Soil Testing*, Bolm nº 3, 33p.