

# BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônomico do Estado de S. Paulo

Vol. 27

Campinas, outubro de 1968

N.º 34

## ADUBAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

### XIII — ESTUDO CONJUNTO DE EXPERIÊNCIAS COM DIVERSOS FOSFATOS REALIZADAS ENTRE 1950 E 1963 <sup>(1)</sup>

E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo* <sup>(2)</sup>, R. ALVAREZ, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cana-de-açúcar*, e A. C. P. WUTKE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agrônomico*

#### SINOPSE

São estudados os resultados de numerosas experiências de adubação da cana-de-açúcar, conduzidas entre 1950 e 1963 em várias localidades do Planalto Paulista, nas quais diversos fosfatos foram comparados, na presença de NK, com superfosfato simples. A resposta média ao superfosfato simples correspondeu a +21,8 t/ha (+26%) de cana. Atribuindo-se o valor 100 ao efeito desse adubo, foram os seguintes os índices de eficiência dos fosfatos que figuraram em seis ou mais experiências: termofosfato, 107; fosfato bicálcico, 105; farinha de ossos degelatinados, 91; fosforita de Olinda, 63; fosfato Alvorada, 61; fosfato de Araxá, 57; bauxita fosforosa, 40. Os autores também estudaram a influência dos tipos de solo, bem como dos níveis de fósforo solúvel e do grau de acidez das áreas utilizadas.

#### 1 — INTRODUÇÃO

Desde 1950 a Seção de Cana-de-açúcar, do Instituto Agrônomico, vem conduzindo experiências comparativas entre várias formas de fósforo, as quais têm sido relatadas em artigos esparsos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). O objetivo deste trabalho é estudar o conjunto das dezessete experiências realizadas até 1963 no Planalto Paulista e, tanto quanto possível, associar o comportamento desses fosfatos a algumas características dos solos utilizados.

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 1.º de abril de 1968.

<sup>(2)</sup> Contratado pelo Conselho Nacional de Pesquisas, para colaborar com técnicos do Instituto Agrônomico.

Para um estudo como êste, evidentemente seria desejável que se contasse com número muito maior de experiências. Todavia, dada a importância do assunto, os autores julgaram conveniente examinar o material disponível no momento e, quando possível, acrescentar a êle os resultados de novas experiências.

## 2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Detalhes sôbre as experiências encontram-se nos trabalhos citados linhas atrás. Aqui serão reproduzidas apenas as informações indispensáveis à compreensão do assunto.

Superfosfato simples entrou como adubo padrão nas dezesse sete experiências. Quanto aos outros fosfatos, no decorrer dos anos alguns foram introduzidos no mercado, ao passo que outros foram retirados, o que concorreu para freqüentes modificações nos planos experimentais.

Assim, no presente estudo só serão considerados, além de superfosfato simples, os seguintes adubos fosfatados: fosfato bicálcico (Fertifós), termofosfato (de origem japonesa), farinha de ossos degelatinados, fosforita de Olinda, fosfato Alvorada (também chamado, em algumas experiências, fosfato do Morro do Serrote), fosfato de Araxá e bauxita fosforosa (de Trauíra, Estado do Maranhão). Por terem figurado em poucas experiências, já relatadas, foram excluídos Hiperfosfato, Serranofosfato, fosfato argeliano, fosfato da Flórida, farinha de ossos autoclavados e superfosfato triplo.

Em tôdas as experiências, os fosfatos foram estudados na presença de NK, cujas doses variaram conforme as necessidades prováveis do solo em questão. Como fonte de potássio, usou-se sempre o cloreto; de nitrogênio, torta de algodão e salitre do Chile, respectivamente em uma e duas experiências, e sulfato de amônio nas demais.

As doses de fósforo foram calculadas segundo os teores totais dos diversos fosfatos. De  $P_2O_5$ , empregaram-se 120 kg/ha, em uma experiência; 100 kg/ha, em duas; 40, 80 e 120 kg/ha, em três; 50, 100 e 150 kg/ha, nas onze restantes.

Visando à formação de grupos tão numerosos quanto possível, para estudar o efeito de níveis crescentes de  $P_2O_5$  juntaram-se as experiências que tiveram 40-80-120 às adubadas com 50-100-150 kg/ha. O maior grupo, que possibilitou apreciação

mais ampla do valor relativo dos diversos fosfatos, foi o que teve por base a dose de 100 kg/ha. Nesse grupo, reuniram-se as produções obtidas com esta dose (treze experiências) com as médias das produções de 80 e 120 kg/ha (três experiências) e o resultado da experiência que só teve 120 kg/ha. Com idêntica finalidade, ao invés de formar grupos de experiências que tiveram os mesmos fosfatos, de cada experiência tomaram-se apenas os dados referentes a determinado fosfato e ao adubo padrão (superfosfato simples).

As observações foram feitas somente na cana-planta, em cultura instalada entre fins de janeiro e fins de março e colhida em agosto ou setembro do ano seguinte. As experiências foram conduzidas em 1950-51, 1952-53, 1955-56, 1959-60, 1961-62 e 1962-63 em fazendas pertencentes a usinas de açúcar e situadas nos municípios de Araraquara, Araras, Moji-Mirim, Penápolis, Pôrto Feliz, Ribeirão Preto, Sertãozinho e Tapiratiba.

Segundo a classificação de Paiva e colaboradores (9), as áreas aproveitadas pertenciam aos grandes tipos de solo terra-roxa-legítima (duas experiências), terra-roxa-misturada (sete), mas-sapê-salmourão (seis) e arenito Bauru (duas). Tratando-se de verificar o efeito de diferentes formas de fósforo, as experiências foram instaladas, principalmente, em áreas pouco ou nunca adubadas com esse elemento, nas culturas anteriores. Por ocasião da instalação, tiraram-se amostras compostas dos solos, que foram analisadas segundo os métodos recomendados por Catani e colaboradores (8). Somente em um caso, que será indicado quando necessário, usou-se outro método para determinar o teor de fósforo.

### 3 — RESULTADOS

Os resultados mais importantes deste trabalho são os dos grupos mais numerosos de experiências, os quais já permitem tirar conclusões gerais sobre a eficiência dos fosfatos estudados, pois em cada experiência eles figuraram ao lado do adubo padrão (superfosfato simples). Menos conclusivos, embora interessantes, são os resultados da comparação dessa eficiência em dois ou mais tipos de solo ou níveis de fertilidade, porque para isso se é forçado a dividir o pequeno acervo de dados, justamente quando se torna mais necessário aumentar o número deles, para balancear, dentro de cada subgrupo, diferenças locais referentes a fatores outros que não os comparados.

Para evitar freqüentes repetições nas linhas seguintes, deve-se guardar em mente que, como efeito de determinado fosfato, foi sempre considerada a diferença, na produção de cana, provocada por sua adição à adubação com NK, e como eficiência desse fosfato, a relação entre seu efeito e o do adubo padrão, ao qual se atribuiu o valor 100. Trata-se, portanto, de eficiência relativa.

Os resultados do presente estudo são apresentados nos quadros 1 a 5, que serão discutidos a seguir.

### 3.1 — EFEITO DO SUPERFOSFATO SIMPLES

Tendo o superfosfato simples figurado em tôdas as experiências, antes de compará-lo com os outros fosfatos, em grupos necessariamente menores, convém estudar o seu efeito separadamente.

Observa-se, no quadro 1, que o efeito desse adubo foi muito bom, pois, em média das dezessete experiências, instaladas em seis diferentes anos, correspondeu a +21,8 t/ha (+26%).

Na última linha do referido quadro se vê que o efeito médio da dose 2 foi muito maior que o da dose 1. Entretanto, quando se passou para a dose 3, êle permaneceu praticamente o mesmo, mostrando que, em média, 100 kg/ha de  $P_2O_5$  foram suficientes. Das quatorze experiências com três doses, somente em três o efeito da dose 3 foi substancialmente maior que o da dose 2.

Na terra-roxa, as respostas médias a superfosfato foram um pouco maiores do que no solo massapê-salmourão. Em ambos os solos, porém, elas foram muito inferiores às obtidas no arenito Bauru. Contudo, essa diferença não pode ser atribuída a uma característica do arenito Bauru, pois nêle foram instaladas apenas duas experiências no mesmo ano, em áreas particularmente deficientes em fósforo solúvel (0,01 e 0,02 e.m.g de  $PO_4^{-3}$ ).

Separando as experiências segundo os teores de fósforo solúvel nas áreas utilizadas, verifica-se que, com a elevação de 0,01 a 0,03 para 0,04 a 0,07 e.m.g de  $PO_4^{-3}$ , a produção do tratamento NK aumentou, ao passo que o efeito da adubação fosfatada diminuiu consideravelmente. É verdade que, mesmo assim, êle permaneceu muito bom, indicando, de acôrdo com Catani e colaboradores (8), que o nível de 0,04 a 0,07 deve ser considerado baixo.

**QUADRO 1.** — Experiências de adubação da cana-de-açúcar com diversos fosfatos na presença de NK, realizadas entre 1950 e 1963 em várias localidades do Estado de São Paulo. Resultados médios das dezessete experiências que tiveram a dose 2 de superfosfato simples e das quatorze em que esse adubo figurou com três doses

Item estudado	Número de		Produção com NK	Aumento devido às doses de superfosfato		
	Experiências	Anos ( )		t/ha		
				1	2	3
<b>EXPERIÊNCIAS COM UMA DOSE</b>						
Solos (2) { TR ..... MS ..... AB ..... }	9 ..... 6 ..... 2 ..... }	5 ..... 4 ..... 1 ..... }	92,3 79,8 66,4	21,2 20,0 30,5	---	t/ha
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (3) { 0,01 a 0,03 ..... 0,04 a 0,07 ..... }	7 ..... 9 ..... }	3 ..... 4 ..... }	72,8 101,0	25,9 18,2	---	t/ha
pH do solo { 4,5 a 5,3 ..... 5,5 a 6,3 ..... }	9 ..... 8 ..... }	3 ..... 4 ..... }	61,1 111,6	20,9 22,9	---	t/ha
Todas as experiências	17	6	84,9	21,8	---	t/ha
<b>EXPERIÊNCIAS COM TRÊS DOSES</b>						
Solos { TR ..... MS ..... AB ..... }	7 ..... 5 ..... 2 ..... }	4 ..... 3 ..... 1 ..... }	80,5 92,0 66,4	16,1 12,8 19,1	23,4 18,6 30,3	23,2 18,9 26,5
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> { 0,01 a 0,03 ..... 0,04 a 0,07 ..... }	7 ..... 7 ..... }	3 ..... 3 ..... }	72,8 102,5	16,9 13,8	23,9 19,5	26,6 17,7
pH do solo { 4,8 a 5,2 ..... 5,3 a 6,3 ..... }	7 ..... 7 ..... }	2 ..... 4 ..... }	66,0 109,1	14,9 15,8	19,7 25,7	19,9 24,4
Todas as experiências	14	4	87,6	15,4	22,7	22,1

(1) Número de anos em que foram instaladas as experiências indicadas na coluna anterior.

(2) TR = Terra-roxa; MS = Massapé-salmourão; AB = Arêmito Bauru. Os teores de PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> no solo AB eram muito baixos.

(3) Teores em e.m.g de PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> solúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N, por 100 g de solo. Excluída uma experiência em que o fósforo foi determinado por outro método.

As áreas aproveitadas para as experiências eram tôdas ácidas, mas a grande variação dos índices pH permitiu separá-las nos dois grupos mencionados no quadro 1. Observa-se que, nos solos menos ácidos, a produção do tratamento NK foi muito maior e, embora em menor proporção, o efeito do fósforo também foi mais pronunciado. As condições mais favoráveis dos solos com melhor pH teriam concorrido para elevar o nível de produção e, em consequência, o efeito da adubação fosfatada, em toneladas de cana.

### 3.2 — EFICIÊNCIA DOS FOSFATOS ESTUDADOS

#### 3.2.1 — EXPERIÊNCIAS COM DOSES CRESCENTES

No quadro 2 figuram os resultados do emprêgo de doses crescentes dos fosfatos estudados.

Conquanto o agrupamento das experiências seja diferente do estudado no capítulo anterior, em regra o efeito da dose 3 de superfosfato pouco diferiu do obtido com a dose 2. O mesmo aconteceu aos efeitos de fosfato bicálcico e termofosfato. O comportamento da farinha de ossos foi irregular.

Quanto aos fosfatos de rocha, seria de esperar que seus efeitos continuassem a aumentar, quando se passou da dose de 100 para 150 kg/ha de  $P_2O_5$ , e se tornassem mais aproximados dos proporcionados por superfosfato. Entretanto, isso não se verificou. Observa-se que as respostas a êsses fosfatos aumentaram ao se passar da dose menor para a intermediária; todavia, quando se elevou a dose para 150 kg/ha, os aumentos foram insignificantes para fosforita de Olinda e fosfato de Araxá, e nulos para bauxita fosforosa e fosfato Alvorada.

É interessante notar que, mesmo quando usados na dose de 150 kg/ha de  $P_2O_5$ , os fosfatos de rocha, com uma só exceção, foram inferiores a superfosfato simples empregado na dose de 50 kg/ha. A exceção foi proporcionada por fosforita de Olinda, que, em idéntica comparação, foi equivalente ao adubo padrão.

Do exposto se deduz que a dose de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , usada em maior número de experiências, foi também a geralmente mais adequada para determinar a eficiência relativa dos fosfatos estudados. Aliás, essa dose foi adotada em consequência de investigações anteriores (4).

QUADRO 2. — Resultados médios das experiências em que o adubo padrão (superfosfato simples) foi comparado, em doses crescentes, com os fosfatos indicados

Fosfato comparado com superfosfato	Número de		Nível de $P_2O_5$	Aumento devido ao adubo	
	Experiências	Anos ( <sup>1</sup> )		Padrão	Testado
				<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>
Fosfato bicálcico .....	8 .....	3 .....	1 .....	16,5	16,6
			2 .....	23,2	24,1
			3 .....	23,9	23,1
Termofosfato .....	7 .....	3 .....	1 .....	16,9	22,7
			2 .....	23,7	25,3
			3 .....	23,7	26,6
Farinha de ossos ....	8 .....	3 .....	1 .....	16,5	17,1
			2 .....	23,2	19,6
			3 .....	23,9	24,9
Fosforita de Olinda ..	11 .....	3 .....	1 .....	15,3	12,8
			2 .....	22,7	14,6
			3 .....	23,1	15,8
Fosfato Alvorada .....	11 .....	4 .....	1 .....	15,8	7,8
			2 .....	22,9	13,5
			3 .....	23,5	11,4
Fosfato de Araxá ....	8 .....	2 .....	1 .....	15,7	9,5
			2 .....	22,9	13,0
			3 .....	23,3	14,1
Bauxita fosforosa ....	5 .....	2 .....	1 .....	16,9	3,7
			2 .....	23,2	7,4
			3 .....	27,0	7,3

(<sup>1</sup>) Número de anos em que foram instaladas as experiências indicadas na coluna anterior.

3.2.2 — EXPERIÊNCIAS COM 100 kg/ha de  $P_2O_5$ 

Ao iniciar esta parte, a mais importante dêste trabalho, convém lembrar que em quatro das dezessete experiências a dose única diferiu um pouco da anunciada no título. Isso foi esclarecido no capítulo 2.

## 3.2.2.1 — INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE FÓSFORO NO SOLO

No capítulo 3.1 viu-se que, nas experiências em solos com nível mais elevado de fósforo solúvel, o efeito de superfosfato simples, como seria de esperar, foi consideravelmente menor do que naqueles mais deficientes. Também é fato bem estabelecido que os efeitos de fosfatos diferentes tendem a se aproximar nos solos menos necessitados de adubação fosfatada (10). Para verificar isso, estudou-se, no quadro 3, a eficiência relativa dos fosfatos que figuraram em maior número de experiências, separando-as em dois grupos, tanto quanto possível numericamente iguais, com diferentes níveis de fósforo no solo.

Observa-se que, nos solos com nível mais elevado de fósforo, as produções do tratamento NK foram sempre maiores, ao passo que as respostas à adubação fosfatada, quer com o adubo padrão, quer com os fosfatos comparados, foram sempre menores.

Quanto à eficiência relativa, a do fosfato bicálcico, que foi bem maior nos solos mais deficientes, nos menos deficientes tornou-se bem menor. A pequena superioridade do termofosfato não se alterou nos dois níveis de fósforo. No que toca aos outros fosfatos considerados, embora seus efeitos fôssem inferiores ao do adubo padrão em todos os agrupamentos, com a elevação do nível de fósforo no solo a eficiência relativa da farinha de ossos não se modificou, ao passo que a da fosforita de Olinda, tal como a do fosfato Alvorada, diminuiu; somente a do fosfato de Araxá aumentou.

Os resultados resumidos no parágrafo anterior foram muito desuniformes e, em seu conjunto, não corresponderam ao que se esperava. É provável que para isso tenha concorrido o fato de, nos solos utilizados, os maiores teores de fósforo solúvel ainda serem muito inferiores ao suficiente para reduzir drasticamente a necessidade de adubação fosfatada; parece, contudo, que o

QUADRO 3. — Relação entre os teores de fósforo no solo e as respostas ao adubo padrão (superfosfato simples) e aos outros fosfatos indicados, empregados na dose de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  total

Fosfato comparado com superfosfato	Teor de $PO_4^{--3}$ solo <sup>(1)</sup>	Número de experiências	Produção com NK	Aumento devido ao adubo		Índice de eficiência (%)
				Padrão	Testado	
Fosfato bicálcico .....	0,01 a 0,03 .....	5 .....	t/ha	t/ha	t/ha	119
	0,04 a 0,07 .....	5 .....	73,7	26,1	31,1	83
			77,1	16,1	13,3	
Termofosfato .....	0,01 a 0,03 .....	3 .....	62,8	28,8	30,7	107
	0,04 a 0,07 .....	4 .....	131,0	19,9	21,1	106
Farinha de ossos .....	0,01 a 0,03 .....	5 .....	73,7	26,1	23,1	89
	0,04 a 0,07 .....	5 .....	77,1	16,1	14,4	89
Fosforita de Olinda .....	0,01 a 0,03 .....	6 .....	65,7	25,5	16,8	66
	0,04 a 0,07 .....	7 .....	113,1	18,3	10,9	60
Fosfato Alvorada .....	0,01 a 0,04 .....	7 .....	71,2	22,8	14,9	65
	0,05 a 0,07 .....	6 .....	108,9	19,5	10,0	51
Fosfato de Araxá .....	0,01 a 0,02 .....	5 .....	65,7	28,0	14,7	52
	0,03 a 0,04 .....	3 .....	67,4	14,6	10,1	69

<sup>(1)</sup> Teores de  $PO_4^{--3}$  solúvel em  $H_2SO_4$  0,05N, por 100 g de solo.

<sup>(2)</sup> Atribuindo-se valor 100 ao efeito do fosfato padrão.

QUADRO 4. — Resultados médios das experiências com alguns dos fosfatos em estudo (com dose de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  total), separadas em dois grupos, de acórdio com os níveis de pH do solo

Fosfato comparado com superfosfato	Nível de pH	Número de experiências	Produção com NK	Aumento devido ao adubo		Índice de eficiência (1)
				Padrão	Testado	
Fosfato bicálcico .....	4,8 a 5,2 .....	5 .....	t/ha	t/ha	t/ha	116
			63,8	18,9	21,9	
	5,6 a 6,3 .....	5 .....	87,0	23,3	22,5	97
Termofosfato .....	4,0 a 5,5 .....	4 .....	84,9	18,6	20,8	112
	5,6 a 6,1 .....	3 .....	124,2	30,5	31,2	102
Farinha de ossos .....	4,5 a 5,2 .....	6 .....	56,3	20,2	18,8	93
	5,6 a 6,3 .....	5 .....	87,0	23,3	20,4	88
Fosfato Alvorada .....	4,5 a 5,5 .....	7 .....	68,8	19,5	14,8	76
	5,6 a 6,3 .....	7 .....	107,0	23,9	11,7	49

(1) Atribuindo-se valor 100 ao efeito do adubo padrão (superfosfato simples).

principal elemento perturbador foi a maior acidez das áreas com níveis mais baixos de  $\text{PO}_4^{-3}$ , a qual, embora atuasse de modo variável sobre o efeito dos fosfatos comparados, foi sempre desfavorável ao do superfosfato.

### 3.2.2.2 — INFLUÊNCIA DO pH DO SOLO

Embora tôdas as experiências tenham sido instaladas em solos ácidos, a grande variação no grau de acidez (pH de 4,5 a 6,3) permite separar em grupos aquelas em que figuraram alguns dos fosfatos experimentados. Para cada fosfato, formaram-se dois grupos com diferentes níveis de pH, conforme se vê no quadro 4.

Observa-se que, nos solos menos ácidos (com pH acima de 5,5), as produções do tratamento NK foram muito mais elevadas, e as respostas a superfosfato simples, em toneladas por hectare, se mostraram sempre maiores, por vêzes muito maiores. Esse ponto já foi estudado com detalhes no capítulo 3.1.

Dentro dos limites considerados, a influência do grau de acidez foi muito pequena sobre o efeito do fosfato bicálcico e da farinha de ossos. Enquanto o fosfato Alvorada se comportou melhor nos solos mais ácidos, o termofosfato proporcionou maior aumento de produção nos menos ácidos.

Quanto à eficiência relativa (última coluna do quadro 4), o fosfato bicálcico e o termofosfato pouco diferiram do superfosfato nos solos menos ácidos; nos mais ácidos, porém, mostraram-se superiores ao adubo padrão. A farinha de ossos e o fosfato Alvorada foram sempre inferiores ao superfosfato. Os solos mais ácidos atenuaram ligeiramente a inferioridade da farinha de ossos e, consideravelmente, a do fosfato Alvorada.

### 3.2.2.3 — INFLUÊNCIA DO TIPO DE SOLO

No quadro 5, as experiências foram separadas segundo os tipos de solo (9) das áreas aproveitadas: terra-roxa (sem distinguir terra-roxa-legítima de terra-roxa-misturada), massapê-salmourão e arenito Bauru.

As considerações sobre o arenito Bauru encontram limitações no número de experiências e nas áreas em que estas foram instaladas, particularmente pobres de fósforo solúvel (V. capítulo 3.1).

**QUADRO 5.** — Resultados médios de experiências de adubação da cana-de-açúcar, conduzidas de 1950 a 1963 em vários solos do Estado de São Paulo, nas quais superfosfato simples, tomado como adubo padrão, foi comparado, na presença de NK e na dose de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, com os fosfatos indicados

Fosfato comparado com superfosfato	Solo (1)	Número de		Produção com NK	Aumento devido ao adubo		Índice de eficiência (3)
		Experiências	Anos (2)		Padrão	Testado	
Fosfato bicálcico	TR	6	4	74,1	t/ha	t/ha	21,4
	MS	3	2	81,7	20,3	19,8	105
	AB	1	1	64,4	19,1	34,0	104
Todos	10	4	75,4	32,0	22,2	106	
Termofosfato	TR	4	3	109,5	21,1	28,6	105
	MS	2	2	105,0	25,4	16,6	113
	AB	1	1	64,4	16,2	29,2	102
Todos	7	3	101,8	32,0	25,3	91	
Farinha de ossos	TR	6	4	74,1	23,7	18,5	107
	MS	4	3	66,0	20,3	20,8	91
	AB	1	1	64,4	21,0	21,1	99
Todos	11	5	70,3	32,0	21,1	66	
Fosforita de Olinda	TR	8	4	96,6	21,6	19,6	91
	MS	3	2	93,6	21,4	14,5	68
	AB	2	1	66,4	16,4	11,8	72
Todos	13	4	91,2	30,5	12,6	63	
Fosfato Alvorada	TR	5	5	94,8	21,7	16,4	78
	MS	8	4	81,6	21,1	8,8	43
	AB	1	1	64,4	20,6	10,8	34
Todos	14	6	87,9	32,0	13,3	61	
Fosfato de Araxá	TR	4	2	65,4	21,7	11,0	48
	MS	2	1	68,2	23,0	10,8	48
	AB	2	1	66,4	15,2	7,1	71
Todos	8	2	66,4	30,5	19,0	62	
Bauxita fosforosa	TR	3	2	63,0	23,0	13,0	57
	MS	2	2	42,3	23,6	5,2	22
	AB	1	1	64,4	20,1	13,5	67
Todos	6	3	56,3	32,0	14,7	46	
				23,8	9,5	40	

(1) TR = Terra-roxa; MS = Massapé-salmourão; AB = Arenito Bauru.

(2) Número de anos em que foram instaladas as experiências indicadas na coluna anterior.

(3) Atribuindo-se valor 100 ao efeito do fosfato padrão.

Nessas condições, as respostas à adubação fosfatada, quer com o adubo padrão, quer com o adubo comparado, foram superiores às obtidas na terra-roxa e no massapê-salmourão.

Na terra-roxa, contemplada com maior número de experiências, também foram utilizadas áreas altamente deficientes de fósforo; mas, em compensação, nela figuraram outras áreas menos deficientes. Dir-se-ia que o principal interesse, neste trabalho, é determinar a eficiência relativa dos fosfatos estudados. O fato, porém, é que essa eficiência geralmente depende da grandeza da reação à adubação fosfatada ou, em outras palavras, do grau de deficiência do solo utilizado (10).

Mesmo no massapê-salmourão, em vários casos o número de experiências foi muito pequeno para que se estabelecesse a citada compensação. Assim é que o efeito médio do superfosfato simples, determinado no capítulo 3.1 com número mais elevado de experiências, foi um pouco maior na terra-roxa do que no massapê-salmourão; entretanto, variou consideravelmente nos agrupamentos do quadro 5. Naqueles em que se estudaram termofosfato, fosforita de Olinda, fosfato de Araxá e bauxita fosforosa, o adubo padrão se comportou muito melhor na terra-roxa; todavia, nos de fosfato bicálcico, farinha de ossos e fosfato Alvorada, seu comportamento foi praticamente o mesmo nos dois solos. Essa diferença no comportamento do superfosfato simples parece estar mais relacionada com os níveis de fósforo solúvel, nas áreas utilizadas para as experiências, do que com os tipos de solo.

Na maioria dos casos, as respostas aos outros fosfatos acompanharam as do superfosfato simples. Mas houve exceções, e, além disso, as oscilações não foram paralelas. Diante disso, o método mais indicado para verificar a diferença de comportamento dos fosfatos comparados, nos solos em estudo, parece ser o da eficiência relativa, apresentada na última coluna do quadro 5.

Observa-se que somente o termofosfato e o fosfato Alvorada foram mais eficientes na terra-roxa do que no massapê-salmourão. Aliás, a diferença referente a termofosfato foi pequena. O fosfato bicálcico comportou-se igualmente nos dois solos, ao passo que a farinha de ossos e fosforita de Olinda foram um pouco menos eficientes na terra-roxa. De maneira semelhante à dos últimos adubos, mas com diferenças muito mais acentuadas contra a terra-roxa, comportaram-se fosfato de Araxá e bauxita fosforosa.

Deve-se dizer que, mesmo nos solos que lhes foram mais favoráveis, todos os fosfatos de rocha se mostraram inferiores ao adubo padrão. Em tal situação e em relação a superfosfato, apenas o termofosfato, na terra-roxa, foi um pouco superior; termofosfato e farinha de ossos, no massapê-salmourão, bem como fosfato bicálcico, em qualquer dos solos, apresentaram resultados equivalentes.

Ao terminar este capítulo, convém acentuar que, na terra-roxa, a eficiência do superfosfato simples foi um pouco menor que a do termofosfato, porém igual à do fosfato bicálcico e superior à dos demais fosfatos estudados. No capítulo 3.1, no qual o superfosfato foi estudado sozinho, mas em maior número de experiências, verificou-se que seu efeito foi até um pouco maior na terra-roxa do que solo massapê-salmourão. Com essas comparações, não se pretende negar que, em certas condições, a "fixação" do fósforo do superfosfato, nos solos ricos de hidróxidos de ferro e alumínio, seja maior que a dos fosfatos neutros ou alcalinos. O que se deseja é tão somente mostrar que, na presente série de experiências, esse inconveniente não se manifestou com a intensidade referida no passado (11), quando se chegava a duvidar que o emprêgo de superfosfato na terra-roxa proporcionasse resultados positivos.

#### 4 — CONCLUSÕES

No presente trabalho, estudaram-se experiências de adubação da cana-de-açúcar realizadas entre 1950 e 1963 em diversas localidades do Planalto Paulista, nas quais superfosfato simples foi comparado, na presença de nitrogênio + potássio, com vários tipos de fosfato. Dos resultados obtidos na cana plantada entre fins de janeiro e fins de março, e colhida cerca de dezoito meses depois, podem-se tirar as seguintes conclusões gerais:

a) Nas experiências em que se usaram 50, 100 e 150 kg/ha de  $P_2O_5$ , na forma de superfosfato simples, verificou-se que a dose intermediária foi suficiente. Para os outros fosfatos, mesmo os de rocha, em regra a dose de 150 kg/ha de  $P_2O_5$  total não apresentou vantagem em relação à de 100 kg/ha.

b) Com a dose de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , o aumento médio de produção de cana devido a superfosfato simples correspondeu a 26% da produção do tratamento sem fósforo. Atribuindo a este aumento o valor 100, foram os seguintes os índices referentes aos

fosfatos comparados: termofosfato, 107; fosfato bicálcico, 105; farinha de ossos, 91; fosforita de Olinda, 63; fosfato Alvorada, 61; fosfato de Araxá, 57; bauxita fosforosa, 40.

c) O pH do solo influenciou apreciavelmente sobre o comportamento dos fosfatos estudados. Respectivamente nos solos com pH até 5,5 e naqueles em que o pH foi superior a esse limite, os índices de eficiência de alguns deles foram os seguintes: termofosfato, 112 e 102; fosfato bicálcico, 116 e 97; farinha de ossos, 93 e 88; fosfato Alvorada, 76 e 49.

d) O teor do solo em fósforo solúvel também teve apreciável influência, mas a conclusão mais importante é que, mesmo os solos que tinham melhor provisão (0,07 e mg de  $\text{PO}_4^{-3}$  solúvel em  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N por 100 g de solo) indicaram necessidade de adubação fosfatada.

e) O número de experiências é insuficiente para verificar o comportamento relativo dos diversos fosfatos nos tipos de solo considerados. Todavia, pode-se dizer que, nas condições preva-  
lentes, o efeito do superfosfato simples, que figurou em maior número de experiências, foi praticamente o mesmo no solo masapê-salmourão e na terra-roxa (sem distinguir roxa-legítima de roxa-misturada).

#### SOURCES OF PHOSPHORUS FOR SUGAR CANE (1950-1963)

#### SUMMARY

Based on experiments conducted from 1950 up to 1963 on different soil types of the State of São Paulo, the authors studied the efficiency of several phosphorus carriers, for the fertilization of sugar cane, when applied in the presence of NK at the rate of 100 kilograms of total  $\text{P}_2\text{O}_5$  per hectare. The areas used were all deficient in phosphorus with pH varying between 4.5 and 6.3.

Giving the value 100 to the responses to ordinary superphosphate, the average relative efficiencies of the phosphates that were used in 6 to 14 experiments were the following: thermophosphate, 107; dicalcium phosphate, 105; bone meal, 91; Olinda-phosphate, 63; Alvorada-phosphate, 61; Araxá-phosphate, 57; phosphorous bauxite, 40. The four latter carriers are natural phosphates from different regions of Brazil. The authors also studied the influence of the soil types, as well as that of the pH and the level of available phosphorus in the soil.

## LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ, R.; ARRUDA, H. V.; WUTKE, A. C. P. & FREIRE, E. S. Adubação da cana-de-açúcar. X — Experiências com diversos fosfatos (1959-60). *Bragantia* 24:1-8, 1965.
2. —————; OLIVEIRA, H.; WUTKE, A. C. P.; FREIRE, E. S. & ABRAMIDES, E. Adubação da cana-de-açúcar. XII — Experiências com misturas de fosfatos (1961-62). *Bragantia* 24:181-189, 1965.
3. —————; OMETTO, J. C.; WUTKE, A. C. P.; ARRUDA, H. V. & FREIRE, E. S. Adubação da cana-de-açúcar. XI — Experiências com diversos fosfatos (1961 a 1963). *Bragantia* 24:97-107, 1965.
4. —————; SEGALLA, A. L. & ARRUDA, H. V. Adubação da cana-de-açúcar. II — Adubação fosfatada quantitativa. *Bragantia* 16:297-302, 1957.
5. —————; ————— & —————. Fertilizantes fosfatados na cultura da cana-de-açúcar em terra-roxa-misturada. *Bragantia* 22:I-III, 1963. (Nota 1)
6. —————; —————; CATANI, R. A. & ARRUDA, H. V. Adubação da cana-de-açúcar. I — Adubação fosfatada em solo massapê-salmourão. *Bragantia* 16:65-72, 1957.
7. —————; —————; ————— & —————. Adubação da cana-de-açúcar. IV — Fertilizantes fosfatados. *Bragantia* 17:355-362, 1958.
8. CATANI, R. A.; GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1955. 29p. (Boletim 69)
9. PAIVA NETTO, J. E.; CATANI, R. A.; KÜPPER, A.; MEDINA, H. PENNA; VERDADE, F. C.; GUTMANS, M. & NASCIMENTO, A. C. Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:227-253, 1951.
10. ROGERS, H. T.; PEARSON, R. W. & ENSMINGER, L. E. Comparative efficiency of various phosphate fertilizer. In: Pierre, W. H. and Norman, A. G., eds. Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. New York, Academic Press, 1953. p.189-242.
11. VAGELER, P. Relatório da Seção de Solos, do Instituto Agronômico de Campinas, 1935. São Paulo, Tipografia Siqueira, 1937. (Separata)