

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 17

Campinas, dezembro de 1958

N.º 21

ADUBAÇÃO DO MILHO

XI — EFEITO RESIDUAL DO FÓSFORO (*)

G. P. VIÉGAS, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cereais*, e E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo (**), Instituto Agrônomo*

RESUMO

Como contribuição para o conhecimento do efeito residual do fósforo nos solos do Estado de São Paulo os autores apresentam os resultados de dois ensaios com milho, um conduzido em terra-roxa-misturada (Campinas) e o outro em solo arenoso claro (Ipanema). Em ambos o efeito em aprêço foi muito grande, sendo que em Campinas o do superfosfato se mostrou igual, e, em Ipanema, superior ao dos fosfatos menos solúveis.

Mesmo examinando êsses resultados em conjunto com os de várias outras experiências que resumiram, acham os autores que ainda não se podem estabelecer, para cada tipo de solo, relações numéricas entre os efeitos residuais dos adubos estudados. Concluem, porém, que tanto nos solos claros como nos vermelhos ou na terra-roxa, geralmente é grande o efeito residual do fósforo, seja êle aplicado na forma de superfosfato ou na de outros fosfatos de uso corrente na agricultura paulista. Por fim, lembram a possibilidade de reduzirem-se substancialmente as doses de fósforo a serem aplicadas nos solos que já o receberam nas culturas anteriores, sugerindo que se estude experimentalmente a redução a ser feita em cada caso.

1 — INTRODUÇÃO

Segundo Catani e seus colaboradores (4), uma colheita de 2 000 kg/ha de grãos de milho, incluindo os correspondentes 2 800 kg de palha, retira do solo 47 kg de N, 32 kg de K_2O e apenas 9 kg de P_2O_5 . Entretanto, para produzir bem em solos deficientes de fósforo essa cultura precisa ser adubada com doses de 70 a 90 kg/ha de P_2O_5 (14). Como geralmente êsse nutriente não é lixiviado, do balanço resulta que, mesmo descontando certa quantidade perdida por erosão e outras possíveis causas, a maior parte do fósforo aplicado como adubo permanece no solo.

A pequena taxa de aproveitamento do fósforo não é peculiar ao

(*) Recebido para publicação em 25 de março de 1958.
(**) Contratado mediante subvenção do Conselho Nacional de Pesquisas ao Fundo de Pesquisas do Instituto Agrônomo.

milho. Em regra as plantas cultivadas só aproveitam, no primeiro ano, uns 10-20% da quantidade que normalmente lhes é aplicada como adubo, mesmo quando êste é todo solúvel (13). As condições climáticas, a natureza do solo e sua reação, o tipo de adubo fosfatado, bem como a época e o modo de sua aplicação, e numerosos outros fatores têm apreciável influência no caso. Não entraremos, porém, em detalhes sôbre êsses pontos nem tão pouco sôbre as formas em que o fósforo é "fixado" pelo solo. Desejamos apenas chamar a atenção para o assunto e mostrar que, usando-se os adubos fosfatados comuns, inclusive o superfosfato, grande parte do fósforo que remanesce no solo pode ser aproveitada pelas culturas seguintes, isto é, que o efeito residual do nutriente em aprêço se prolongada por vários anos.

Mencionamos o superfosfato porque se tem afirmado repetidamente que nos solos ricos de hidróxido de ferro e alumínio, como são as nossas terras vermelhas e sobretudo a terra-roxa, seu efeito residual seria duvidoso ou, pelo menos, muito menor que o dos outros adubos. Em seu trabalho "Adubações fosfatadas", Mendes (12) resumiu uma boa parte da literatura sôbre o controvertido assunto.

Mendes (11, 12) foi provavelmente o primeiro, entre nós, a fazer experiências metódicas sôbre o efeito residual do fósforo aplicado sob várias formas. Dessas experiências, conduzidas na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" durante cêrca de dois decênios, êle concluiu que na terra-roxa o efeito residual do fósforo foi muito grande, e também que, nesse sentido, o superfosfato se comportou pelo menos como os outros adubos estudados, a saber: escórias de Thomas, Renâniafosfato, farinha de ossos etc.

Kiehl e Gomes (7) também conduziram, em Piracicaba, uma experiência em terra-roxa com $\text{pH} = 6,52$, usando o milho como planta indicadora. No primeiro ano todos os canteiros receberam adubação completa tendo 83 kg/ha de P_2O_5 sob várias formas; no segundo, a metade de cada canteiro foi adubada como no ano anterior, enquanto a outra metade só recebeu azôto e potássio. Parece que o solo utilizado era extremamente pobre de fósforo e a dose empregada no primeiro ano não foi suficiente para saturá-lo, pois o efeito da readubação no segundo ano, com todos os fosfatos empregados, ainda foi muito acentuado. Seja como fôr, apesar de se tratar de terra-roxa o efeito residual do superfosfato foi praticamente igual ao dos outros adubos comparados: farinha de ossos, hiperfosfato e fosfato Serrote.

Ainda em Piracicaba foi feita uma experiência por Malavolta e colaboradores (8), também com milho e nos moldes da citada linhas atrás, mas em terra arenosa com pH entre 6,70 e 7,10 e dose de fósforo muito mais elevada, de 200 kg/ha de P_2O_5 . No segundo ano a readubação com fósforo ainda aumentou significativamente a produção, mas as diferenças foram muito pequenas, nem de longe compensando as despesas que ela ocasionou. Além disso, dos canteiros não readubados, os que no primeiro ano receberam superfosfato, Fertifós (fosfato bicálcico) ou Serranafosfato produziram praticamente o mesmo, mostrando-se todos muito superiores aos que haviam sido adubados com hiperfosfato e outros fosfatos naturais.

Na Estação Experimental Central em Campinas, Cuba (5) conduziu, em terra-roxa-misturada, um ensaio com milho, no qual a adubação constou exclusivamente de 90 kg/ha de P_2O_5 na forma de farinha de ossos. Esta foi aplicada somente em 1931-32, quando teve início o ensaio, que foi repetido, sem nova adubação, em 1932-33 e 1933-34. Os canteiros sem adubo e os que receberam farinha de ossos produziram respectivamente 1 070 e 1 891 kg/ha no primeiro ano, 660 e 2 335 kg/ha no segundo e 816 e 1 575 kg/ha no terceiro. Como se vê, tanto o efeito imediato como o residual da farinha de ossos foram enormes, sendo que este não deu sinal de extinguir-se com a terceira cultura.

Viégas e Freire (15) relataram os resultados de um ensaio, também com milho e em terra-roxa-misturada da Estação Experimental Central, do qual constaram tratamentos com 80 kg/ha de P_2O_5 na forma de farinha de ossos. Os adubos foram empregados somente em 1943-44, mas o milho foi plantado nesse ano e nos dois seguintes. A farinha de ossos aumentou a produção de apenas 8% no primeiro ano, 11% no segundo e 14% no terceiro. Em grande parte as condições em que foi realizado este ensaio — situação geográfica e topográfica, tipo de solo, forma e dose de fósforo, período de observações — foram muito semelhantes às do mencionado no parágrafo anterior. Como os resultados de ambos foram obtidos em três anos, parece que a principal diferença entre eles está no fato de já ter sido adubada com fósforo, nas culturas que o precederam, a área utilizada para o presente ensaio. Isso explica por que, neste, a resposta ao nutriente em aprêço foi muito pequena e tendeu a aumentar à medida que se foi esgotando o estoque acumulado no solo, e mos-

tra claramente com se reduz, em tais condições, a necessidade de adubações fosfatadas.

Num ensaio conduzido por Viégas (14) na fazenda Santa Albertina, Engenheiro Hermilo, em solo do glacial, argiloso, vermelho, com $\text{pH} = 5,30$, figuraram, entre outros, canteiros sòmente com azòto e potássio e canteiros com azòto, potássio e doses crescentes de fósforo na forma de superfosfato. O ensaio foi adubado e plantado com milho de 1946-47 a 1949-50. Em 1950-51 não foi adubado nem plantado, mas em 1951-52 foi de novo plantado sem qualquer adubação. Em média dos quatro anos em que o milho foi adubado, a produção dos canteiros sem fósforo foi de 1 850 kg/ha e as doses de 25, 50, 75 e 100 kg/ha de P_2O_5 elevaram-na de respectivamente 32, 61, 83 e 89%; em 1951-52, sem nova adubação, os canteiros sem fósforo produziram 1 510 kg/ha e os aumentos provocados pelos resíduos das citadas doses de fósforo foram, na mesma ordem, de 94, 125, 136 e 154%.

Vê-se que aqui o efeito residual do fósforo foi enorme. É note-se que nesse ensaio se usou superfosfato; que o solo utilizado, além de argiloso e vermelho, era bastante ácido; que entre a última aplicação de fósforo e sua utilização pelo milho houve um intervalo de dois anos, e ainda que, apesar de tudo, os resíduos da dose menor, de apenas 25 kg/ha de P_2O_5 por ano, foram suficientes para dobrar a produção.

O último ensaio ilustra a necessidade, mencionada no início dêste capítulo, de empregarem-se, nos solos deficientes de fósforo, doses dêste nutriente bem maiores que as quantidades retiradas pelas plantas. Conquanto levando, nesse sentido, fósforo em excesso, nem de longe a dose menor foi suficiente para a produção máxima nas condições da primeira fase do ensaio. Numa apreciação superficial dêsses resultados poder-se-ia concluir que a maior parte do fósforo aplicado teria sido "fixada" em formas inaproveitáveis pelas plantas. Entretanto, o grande efeito residual da dose em aprêço mostrou que, se isso aconteceu, foi apenas temporariamente.

Até agora foram examinadas experiências em que os resíduos das adubações fosfatadas aumentaram a produção. Nas linhas seguintes serão resumidas algumas em que êles aumentaram, por bastante tempo, o teor de fósforo *fracamente adsorvido* (solúvel em solução 0,05 N de H_2SO_4) no solo.

Catani e Gallo (3) analisaram amostras de solo provenientes de

dois ensaios de adubação do milho da Seção de Cereais, um dos quais vinha sendo conduzido há 15 anos, em Campinas, numa área de terra-roxa-misturada com pH oscilando em torno de 5,50, e o outro há 11 anos, em Mococa, em solo massapê com pH aproximadamente 6,00. Entre outros havia canteiros adubados anualmente com 40 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato. Em média dos tratamentos sem fósforo e dos que receberam êste nutriente, os teores de PO_4^{---} por 100 g de solo foram respectivamente de 0,03 e 0,20 e. mg em Campinas e de 0,05 e 0,27 e. mg em Mococa. As amostras de terra foram tiradas quatro meses após a última adubação, quando o milho já se achava quase maduro. Sem dúvida, para o grande aumento no teor de fósforo devem ter concorrido os resíduos de tôdas as adubações anteriores.

Resultados semelhantes foram obtidos em três ensaios de adubação do milho (16), sendo um conduzido por 10 anos em Capão Bonito (solo barrento do glacial, com pH = 5,70), outro por 10 anos em Pindorama (arenito Bauru com pH = 6,70) e o terceiro por 8 anos em Tatuí (terra-roxa-misturada com pH = 5,90). Nesses ensaios os canteiros com fósforo receberam anualmente 80-100 kg/ha de P_2O_5 , sendo que o adubo usado nos três últimos anos foi superfosfato. Os teores de PO_4^{---} por 100 g de solo, em média dos tratamentos sem fósforo e dos que o receberam, foram respectivamente de 0,04 e 0,13 e. mg em Capão Bonito, 0,07 e 0,44 e. mg em Pindorama e 0,23 e 0,50 e. mg em Tatuí. Neste estudo, as amostras de terra foram tomadas 11-12 meses depois da última aplicação de fósforo e do último plantio de milho.

Catani e Gargantini (2) analisaram amostras de solo massapê com pH = 5,40, terra-roxa misturada com pH = 5,20 e arenito Bauru com pH = 7,00, tratadas das seguintes maneiras: numa série, após a coleta no campo as amostras foram adubadas com azôto, potássio e 115 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato, sendo utilizadas para uma experiência em que, durante seis meses, no laboratório e sem vegetação, ficaram sujeitas à percolação e receberam água destilada correspondente, em quantidade e freqüência, às chuvas normais do nosso verão, depois do que foram conservadas sem outro tratamento até a análise; as amostras da outra série não foram adubadas nem regadas, permanecendo no laboratório desde a coleta no campo. Apesar de ter havido, entre a aplicação de superfosfato e a análise química, um intervalo de ano e meio (1), as quantidades de P_2O_5 por

(1) GARGANTINI, H. Campinas, Instituto agrônômico, 1957. [Comunicação verbal]

100 g de solo extraídas das amostras sem adubo e das adubadas com superfosfato foram, respectivamente: do solo massapê, 0,6 e 18,25 mg; da terra-roxa-misturada, 0,35 e 16,0 mg; do arenito Bauru, 3,15 e 16,2 mg.

A seguir serão relatados os resultados obtidos em dois ensaios, um conduzido em Campinas e o outro em Ipanema, que contribuirão para esclarecer o assunto.

2 — ENSAIO DE CAMPINAS

2.1 — PLANO EXPERIMENTAL E EXECUÇÃO

Este ensaio foi conduzido na Estação Experimental Central, Campinas, nos canteiros que serviram para uma experiência comparando vários adubos fosfatados, e que, tendo sido instalada em 1925-26, prolongou-se até 1935-36. Nesse período foram plantadas sucessivamente as seguintes culturas: 1) milho, 2) cevada, 3) milho, 4) cevada, 5) algodão, 6) milho, 7) trigo, 8) algodão, 9) milho, 10) trigo, 11) arroz, 12) algodão, 13) algodão, 14) milho, 15) algodão.

Detalhes sôbre o plano dessa experiência e sua execução nos primeiros anos já foram publicados (1, 9, 10). Aqui basta lembrar que, além de canteiros sem fósforo (mas com azôto e potássio) e dos adubados com azôto, potássio e diversas formas de adubos fosfatados, havia outros tratamentos que não serão considerados no presente estudo, seja por não apresentarem maior interêsse no momento, seja por terem sido modificados no decorrer da experiência.

A área utilizada era de terra-roxa-misturada que estava, antes, coberta de capinzal, e cujo pH, ao ser instalada e experiência, era 6,5. O azôto e o potássio foram empregados respectivamente nas formas de salitre do Chile e cloreto de potássio. A dose básica de P_2O_5 foi de 60 kg/ha, sendo que para calcular as quantidades a serem usadas de superfosfato e das farinhas de ossos crus ou degelatinados, tomaram-se seus teores totais de fósforo, ao passo que as de Renâniafosfato e escórias de Thomas foram calculadas segundo seus teores de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2%. Isso significa que os dois últimos adubos figuraram com doses de cêrca de 70 kg/ha de P_2O_5 total. Exceto na cultura de cevada, feita no inverno de 1927, essas doses foram repetidas antes do plantio de cada cultura, sendo os

adubos distribuídos uniformemente em toda a área dos canteiros e bem misturados com a terra por meio de um ancinho.

Feita a colheita do algodão em 1935-36, os canteiros foram abandonados à vegetação natural até princípios de 1938, quando foram semeados, sem qualquer adubação, com trigo, cuja produção foi insignificante (6). A seguir foram de novo abandonados, sendo total e uniformemente invadidos pelo capim favorito (*Tricholaena rosea* Nees). Em setembro de 1941 foram, então, preparados para o ensaio agora relatado (7).

Como o objetivo deste era verificar o efeito residual do fósforo aplicado nas culturas anteriores, a cultura indicadora — milho — foi plantada sem nova adição de adubos. A variedade usada foi Catêto, sendo semeada com o espaçamento de 1,25 x 0,20 m. O plantio foi efetuado em princípios de novembro de 1941; mas, tendo a *Laphygma frugiperda* destruído as plantinhas, todo o campo foi novamente semeado no dia 27 desse mês. Em 27 de dezembro fez-se o desbaste, deixando-se uma planta por cova. As plantas floresceram na primeira quinzena de fevereiro e a colheita foi efetuada em 25 de junho.

2.2 — RESULTADOS OBTIDOS

O "stand" final médio foi baixo, de 72% do "stand" perfeito, sem diferenças apreciáveis entre os diversos tratamentos. O tempo não foi desfavorável, mas o "stand" baixo e a semeadura tardia concorreram para reduzir a produção, que não chegou, nos melhores tratamentos, a 2 000 kg/ha.

No quadro 1 são apresentados os dados referentes às produções obtidas com os tratamentos considerados. Para comparação, nesse quadro foram incluídas as produções médias dos dois primeiros anos (1925-26 e 1926-27) e as do último (1934-35) em que o milho foi adubado. Em 1925-26 a semeadura foi feita tardiamente e as produções, mesmo nos melhores tratamentos, foram pouco superiores a 1 000 kg/ha, inconvenientes que sem dúvida prejudicaram o efeito dos adubos. Em 1926-27, porém tudo correu favoravelmente. Por esses motivos foi tomada a média desses dois anos para representar o comportamento da adubações no início do ensaio. Em média de todos os tratamentos e dos dois primeiros anos a produção foi de 2 730 kg/ha,

(7) Os trabalhos de campo foram conduzidos pelo eng. agr. R. Álvaro Bueno, na ocasião respondendo pela chefia da Subdivisão de Estações Experimentais.

baixando apenas para 2 412 kg/ha em 1934-35. Nota-se, porém, que a queda na produção foi muito mais acentuada no tratamento sem fósforo do que nos adubados com êsse nutriente. Nota-se também que o efeito médio do fósforo, embora sempre enorme, tanto em números absolutos como relativos, foi maior em 1934-35 do que na média dos dois primeiros anos, o que provavelmente se deve ao esgotamento, cada vez maior, dos canteiros que nunca receberam fósforo, e, por outro lado, à crescente acumulação de resíduos dêsse nutriente nos canteiros que o vinham recebendo anualmente.

QUADRO 1. — Ensaio de Campinas. Médias das produções de grãos obtidas nos dois primeiros anos (1925-26 e 1926-27) e no último (1934-35) em que o milho foi adubado, em comparação com as produções de 1941-42, quando êle não recebeu adubo algum, para verificar-se o efeito residual do fósforo

Tratamentos	Médias de 1925-26 e 1926-27		Ano-agrícola 1934-35		Ano-agrícola 1941-42	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
NK	1 471	100	990	100	984	100
NK + superfosfato	2 789	190	2 503	253	1 844	187
NK + escórias de Thomas	2 975	202	2 690	272	1 806	184
NK + Renâniafosfato	3 017	205	2 707	273	1 930	196
NK + farinha de ossos crus	3 100	211	2 830	286	1 950	198
NK + far. de ossos degelatinados	3 026	206	2 750	278	1 910	194

Nos anos considerados as produções obtidas com as escórias de Thomas, o Renâniafosfato e as farinhas de ossos crus ou degelatinados foram mais ou menos equivalentes, enquanto o efeito do superfosfato foi um pouco inferior ao dêesses adubos. É bem provável que essa inferioridade seja uma conseqüência do método de aplicação dos adubos usado nos antigos ensaios — em tôda a área dos canteiros — método que afeta mais desfavoravelmente o efeito do superfosfato que o dos adubos relativamente insolúveis (11). Seja como fôr, não entraremos em detalhes sôbre êste e outros itens referentes ao efeito imediato do fósforo, pois o objetivo do presente trabalho é estudar seu efeito residual.

No que toca a êsse efeito, as duas últimas colunas do quadro 1 mostram claramente que, apesar da queda geral na produção, êle também foi muito grande e, pelo menos em números relativos, não foi muito inferior ao efeito imediato. Elas mostram ainda que o efeito residual do superfosfato foi praticamente igual ao dos outros adubos, embora dois dêles — escórias de Thomas e Renâniafosfato — tenham sido empregados em doses mais elevadas de P_2O_5 total, conforme já salientamos. A análise estatística confirmou o que acaba de ser dito: as produções de todos os tratamentos com fósforo foram significativamente superiores à do tratamento que não recebeu êsse nutriente, enquanto as obtidas com os diversos fosfatos considerados na presente estudo foram estatisticamente iguais.

Em 2.1 dissemos que no inverno de 1938 os canteiros do ensaio foram semeados com trigo, sem adubo. A produção dêsse cereal foi muito pequena (6), não podendo, assim, ser tomada como base para mostrar o efeito residual do fósforo. Convém esclarecer, porém, que em números relativos êsse efeito foi sensivelmente igual ao observado com o milho em 1941-42.

O efeito residual do fósforo fêz-se notar no índice de espigas (número de espigas de milho por 100 plantas), que, tendo sido de 71 no tratamento sem fósforo, oscilou entre 85 e 90, nos que receberam os diversos adubos fosfatados. O pêso médio das espigas também foi muito beneficiado pelo fósforo: no tratamento sem êste nutriente e nos que o receberam as espigas com palha pesaram respectivamente 69 e 101 g; na mesma ordem, as espigas despalhadas pesaram 59 e 89 g, e os grãos provenientes de uma espiga, 50 e 74 g. Em tôdas essas características as diferenças entre os diversos adubos fosfatados foram muito pequenas e inconsistentes.

Ao contrário do que se viu há pouco, a adubação fosfatada praticamente não modificou o rendimento, em grãos, das espigas: na produção total, as proporções de grãos, sabugos e palha foram respectivamente de 72, 13 e 15% no tratamento sem fósforo e de 73, 15 e 12% nos que receberam êsse nutriente. Como o número de plantas, na ocasião da colheita, era sensivelmente o mesmo em todos os tratamentos, pode-se dizer que o fósforo influenciou a produção do milho aumentando a proporção de plantas com espigas e o pêso das espigas.

Em 1938, durante a execução do ensaio com trigo, foram toma-

das amostras do solo de cada canteiro — excetuando-se apenas os do sexto bloco, nos quais a germinação do cereal foi muito prejudicada — sendo sua reação determinada na antiga Seção de Solos. Em média (aritmética) de cinco amostras o pH (int.) dos canteiros sem fósforo foi 5,93 e o dos adubados com superfosfato, 5,91; os índices dos que receberam farinha de ossos degelatinados, farinha de ossos crus, Renâniafosfato e escórias de Thomas foram respectivamente 6,01, 6,11, 6,32 e 6,33.

Como no início do ensaio, em 1925, o pH era 6,50, conclui-se que em todos os canteiros o solo se tornou um pouco mais ácido, sendo que, como seria de esperar, essa tendência foi menos acentuada nos que receberam escórias de Thomas e Renâniafosfato, aumentou ligeiramente nos adubados com as farinhas de ossos e mais um pouco nos sem fósforo ou com superfosfato. A comparação dos dois últimos tratamentos confirma, mais uma vez, a regra de que o superfosfato praticamente não acidifica o solo.

3 — ENSAIO DE IPANEMA

3.1 — PLANO EXPERIMENTAL E EXECUÇÃO

Conduzido na Estação Experimental de Ipanema (*), em solo do glacial, arenoso, claro, com pH = 5,95, que estava como pastagem há muitos anos e, tanto quanto se sabe, nunca foi adubado.

Os tratamentos comparados foram: 1) sem adubo, 2) 75 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato 20% e 3) 75 kg/ha de P_2O_5 na forma de fosfato Itaú (fosfato natural, com 26-27% de P_2O_5 total).

O delineamento usado foi o de blocos ao acaso, com nove repetições. Os canteiros tiveram cinco fileiras de 10 m de comprimento e espaçadas de 1 m, aproveitando-se somente as três fileiras centrais. Nas fileiras, as covas ficaram a 0,40 m uma das outras e cada cova recebeu quatro sementes, deixando-se no desbaste, onde possível, duas plantas. Portanto, a área útil de cada canteiro foi de 30 m², sendo de 150 plantas o "stand" perfeito.

O ensaio foi instalado em 1952-53 e repetido, nos mesmos canteiros, até 1956-57. Os adubos foram aplicados nos sulcos de plantio, e somente uma vez, em 1952-53; nos anos seguintes o milho foi plantado sem nova adição de adubos.

(*) Este ensaio foi realizado em colaboração com o eng. agr. Erik Smith.

O milho foi semeado em 13 de novembro no primeiro ano, 27 de setembro no segundo, 10 de dezembro no terceiro, 23 de novembro no quarto e 20 de dezembro no quinto. Em regra as plantas emergiram dentro de uma semana; somente em 1953-54 é que gastaram 12 dias. O desbaste foi efetuado 15-30 dias depois da emergência. As plantas floresceram cerca de 70 dias após a emergência e a colheita foi feita em maio ou junho.

3.2 — RESULTADOS OBTIDOS

Do primeiro ano para o quinto os "stands" finais, em média de todos os tratamentos, foram de 96, 82, 65, 75 e 93% do "stand" perfeito, não se notando, em qualquer ano, diferenças apreciáveis entre os tratamentos. A produção média, que foi de 3 322 kg/ha em 1952-53, baixou sucessivamente até 1 595 kg/ha no último ano.

QUADRO 2. — Ensaio de Ipanema. Produções de milho e aumentos de produção (em relação ao tratamento sem adubo) obtidos com a aplicação, somente em 1952-53, de 75 kg/ha de P_2O_5 nas formas de superfosfato e fosfato Itaú

Anos	Produções obtidas			Aumentos devidos ao			
	s/adubo	c/superf.	c/Itaú	Superfosfato		Itaú	
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	%
1952-53	2 662	4 172	3 133	1 510	57	471	18
1953-54	1 946	3 024	2 483	1 078	55	537	28
1954-55	1 462	2 290	1 663	828	57	201	14
1955-56	1 455	2 066	1 792	611	42	337	23
1956-57	1 392	1 573	1 819	181	13	427	31
Totais	8 917	13 125	10 890	4 208	47	1 973	22

As produções obtidas, bem como as respostas aos dois adubos fosfatados, se acham no quadro 2.

A análise estatística (*) mostrou que, nos totais dos cinco anos, os aumentos de produção provocados pelo superfosfato e pelo fosfato

(*) A análise estatística foi feita na Seção de Técnica Experimental. Os autores agradecem a colaboração do eng. agr. E. Abramides.

Itaú foram significativos, e ainda que o superfosfato foi significativamente superior ao fosfato Itaú. Examinando a situação em cada ano, verifica-se que o efeito do superfosfato, sempre positivo, só não foi significativo no último ano; que o do fosfato Itaú, embora sempre positivo, não alcançou significância estatística nos terceiro e quinto anos, e que o superfosfato foi significativamente superior ao fosfato Itaú nos três primeiros anos. No quarto ano o superfosfato ainda foi superior ao fosfato Itaú, mas no quinto inverteram-se os papéis; todavia, nesses dois anos as diferenças entre os dois adubos não alcançaram significância estatística.

A interação anos x tratamentos foi altamente significativa, sendo o seu componente linear o único responsável por essa significância. Ver-se-á, na linhas que seguem, que os dois fosfatos se comportaram diferentemente.

Além de significativa nos primeiros quatro anos do ensaio, a resposta ao superfosfato foi muito grande, atingindo, no total dos cinco anos, a + 4 208 kg/ha (+47%). Para êsse total o efeito imediato, em 1952-53, contribuiu com 36%, e o efeito residual com 25% no segundo ano, 20% no terceiro, 15% no quarto e ainda 4% no último ano. A produção, em média dos três tratamentos, caiu linearmente no decorrer do ensaio, para o que provavelmente concorreram, além da sementeação muito tardia nos terceiro e quinto anos, a cultura contínua do milho no mesmo terreno, o crescente esgotamento do solo e, talvez, as condições climáticas. Como conseqüência disso a queda no efeito do superfosfato foi mais acentuada em valores absolutos do que em porcentagem da produção sem fósforo. Neste último caso êle se manteve no mesmo nível (+57, +55 e +57%) durante os três primeiros anos e baixou apenas para +42% no quarto; somente no quinto ano é que ficou reduzido a 13%.

O efeito do fosfato Itaú, além de só ter sido significativo em três anos, foi muito menor, tendo apenas alcançado, no total dos cinco anos, +1 973 kg/ha ou + 22%. Ao contrário do que aconteceu com o do superfosfato, êle se distribuiu mais uniformemente nos diferentes anos, sendo que para a resposta total o primeiro ano concorreu com 24% e os demais, sucessivamente com 27, 10, 17 e 22%.

Não somente no período total do ensaio, mas em cada um dos quatro primeiros anos o fosfato Itaú se mostrou muito inferior ao superfosfato; apenas no quinto ano é que êle se tornou superior. Provavelmente no último ano os resíduos, no solo, do fosfato Itaú,

eram bem mais abundantes que os do superfosfato, pois éste proporcionou, no período inicial do ensaio, colheitas muito mais volumosas. Em suma: embora não alcançasse o nível atingido pelo do superfosfato nos primeiros anos, o efeito do fosfato Itaú mostrou tendência a estender-se por maior número de anos.

QUADRO 3. — Ensaio de Ipanema. Médias de algumas características das plantas sem adubo e das adubadas com superfosfato e fosfato Itaú, bem como das espigas que elas produziram

Anos	Tratamentos	"Stand" final	Altura das		Índice de espigas	Pêso médio de uma espiga			Rendimento		
			Plan-tas	Espi-gas		c/palha	s/palha	grãos	Grãos	Sabu-gos	Palha
			m	m		g	g	g	%	%	%
1952-53	S/adubo ----	93	2,24	1,37	94	83	73	60	73	15	12
	Superf. ----	97	2,61	1,66	107	111	96	80	72	14	14
	Itaú -----	97	2,29	1,41	96	91	79	67	74	13	13
1953-54	S/adubo ----	81	1,68	0,88	80	86	74	60	69	14	17
	Superf. ----	81	2,01	1,12	94	110	95	80	73	13	14
	Itaú -----	83	1,79	0,94	88	95	83	68	71	13	16
1954-55	S/adubo ----	63	1,51	0,81	95	65	57	47	72	16	12
	Superf. ----	65	1,68	0,95	102	93	83	69	74	15	11
	Itaú -----	66	1,59	0,87	93	76	66	54	71	16	13
1955-56	S/adubo ----	73	1,52	0,82	76	76	66	53	69	17	14
	Superf. ----	77	1,71	0,95	89	86	75	60	70	17	13
	Itaú -----	74	1,62	0,88	83	83	73	58	70	17	13
1956-57	S/adubo ----	94	-----	-----	75	-----	51	40	-----	-----	-----
	Superf. ----	93	-----	-----	77	-----	55	44	-----	-----	-----
	Itaú -----	92	-----	-----	83	-----	59	47	-----	-----	-----

No quadro 3 se acham resumidas as observações feitas sobre algumas características das plantas e das espigas. O quadro dispensa maiores comentários. De um modo geral o fósforo, especialmente na forma de superfosfato e nos primeiros anos, aumentou a altura das plantas e das espigas, o índice de espigas (número de espigas por 100 plantas) e o pêso médio das espigas, mas não influenciou apreciavelmente no rendimento porcentual destas, em grãos.

Em 1952-53 e 1953-54 foi anotada, separadamente para cada canteiro, a data do florescimento. Em média, no primeiro ano as plantas adubadas com superfosfato floresceram apenas 2,5 dias antes das adubadas com o fosfato Itaú e das sem adubo; no segundo ano, porém, as que receberam superfosfato ou Itaú anteciparam o florescimento, em relação às sem adubo, de respectivamente 8 e 3 dias.

Nos três últimos anos também foram feitas, por ocasião da colheita, observações sôbre as plantas acamadas e as quebradas abaixo da inserção das espigas. Em 1954-55, quando foi muito elevado o número de plantas que sofreram êsses inconvenientes, em média dos canteiros sem adubo e dos adubados com superfosfato ou fosfato Itaú, as porcentagens de plantas acamadas atingiram respectivamente a 41, 44 e 40, e as de plantas quebradas, a 16, 20 e 20. Em 1955-56 as condições foram menos desfavoráveis, e, na mesma ordem anterior, as porcentagens referentes às plantas acamadas só alcançaram 12, 13 e 11 e, às quebradas, 5, 7 e 4. Finalmente, em 1956-57 observaram-se 15, 15 e 14% de plantas acamadas e 9, 10 e 10% de plantas quebradas.

Convém mencionar que numa área contígua à utilizada para o ensaio que acaba de ser relatado instalou-se simultâneamente um outro comparando vários adubos fosfatados e cujos resultados ainda não foram publicados. Nesse ensaio também foram aplicados, sòmente em 1952-53, 75 kg/ha de P_2O_5 , sendo o milho plantado consecutivamente, sem nova adubação, até 1956-57. Como não houve tratamento sem fósforo, não se pode avaliar exatamente a intensidade do efeito dêsse nutriente. Pode-se dizer, porém, que o efeito imediato (em 1952-53) do superfosfato foi muito maior que o dos fosfatos naturais (hiperfosfato, fosfato Serrote e fosfato da Flórida), e que no total dos quatro anos de efeitos residuais, embora diminuíssem muito as diferenças, o superfosfato ainda se manteve na vanguarda.

4 — DISCUSSÃO

No ensaio de Campinas, em terra-roxa-misturada, o efeito residual do fósforo foi muito grande e praticamente não houve diferença, nesse sentido, entre os diversos adubos estudados: superfosfato, escórias de Thomas, Renâniafosfato, farinha de ossos crus e farinha de ossos degelatinados. Nesse ensaio a quantidade de P_2O_5 empregada nas culturas anteriores foi elevada, atingindo a um total de cêrca de 900 kg/ha; deve-se notar, contudo, que entre a última adubação e o plantio do milho que serviu para a verificação do efeito residual houve um longo intervalo de seis anos.

No ensaio de Ipanema, em solo arenoso claro e no qual a dose aplicada na cultura anterior foi de apenas 75 kg/ha de P_2O_5 , o efeito residual do fósforo também foi grande e prolongou-se por alguns anos,

sendo que o do superfosfato foi bem maior que o do fosfato natural Itaú. Levando-se em consideração o ensaio anexo ao relatado, o superfosfato também se mostrou, nesse sentido, superior ao hiperfosfato, ao fosfato da Flórida e ao fosfato Serrote.

Naturalmente não é possível determinar, somente com dois ensaios conduzidos em condições tão diversas, se o efeito residual do fósforo na terra-roxa é maior ou menor que no solo arenoso do glacial, e se, nesses solos, o superfosfato se comporta de maneira diferente dos outros fosfatos estudados. Mesmo levando em consideração os resultados das experiências que foram resumidas no capítulo 1, ainda não se poderiam estabelecer relações numéricas no sentido em aprêço. Trata-se, portanto, de assunto a ser resolvido mediante pesquisas especiais. Entretanto, deixando de lado êsses detalhes, pode-se desde já afirmar que tanto nos solos claros como nos vermelhos ou na terra-roxa, e quer seja empregado na forma de superfosfato quer na dos outros fosfatos de uso corrente na nossa agricultura, geralmente o fósforo manifesta grande efeito residual.

Uma das conseqüências mais importantes dessa constatação é que se podem e devem aproveitar convenientemente os resíduos das adubações fosfatadas, reduzindo-se as doses de fósforo a serem aplicadas nos solos que, embora tenham sido deficientes dêsse nutriente ao serem postos em cultura, já foram com êle adubados nas culturas anteriores à que se pretende adubar. A redução a ser feita depende, porém, de muitos fatores, e os dados até aqui obtidos ainda não são suficientes para se fixarem normas sôbre o assunto.

5 — CONCLUSÕES

a) Tanto no ensaio de Campinas, em terra-roxa-misturada, como no de Ipanema, em solo arenoso claro, foi muito grande o efeito residual do fósforo, verificado na produção do milho. No primeiro ensaio o superfosfato se mostrou igual, no segundo, superior aos fosfatos menos solúveis.

b) O efeito residual do fósforo também se fêz notar aumentando a altura das plantas e das espigas, o índice de espigas e o pêso destas, praticamente sem modificar seu rendimento em grãos (pêso dos grãos em relação ao das espigas com palha). Observações feitas em alguns

anos mostraram ainda que êle tornou as plantas mais precoces, mas não aumentou sua resistência ao acamamento.

c) Mesmo juntando aos resultados dos presentes ensaios os de vários outros que foram examinados, ainda não se podem estabelecer, para cada tipo de solo, relações numéricas entre os efeitos residuais dos adubos estudados. Pode-se afirmar, contudo, que em vários tipos de solo do Estado de São Paulo geralmente é grande o efeito residual do fósforo, seja êle aplicado na forma de superfosfato ou de outros fosfatos de uso corrente na agricultura paulista. Daí a possibilidade de reduzirem-se as doses dêsse nutriente a serem empregadas nas áreas que já o receberam nas culturas anteriores, assunto que deve ser investigado com os necessários detalhes.

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH CORN

XI — RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHORUS

SUMMARY

As a contribution to the knowledge of the residual effect of phosphorus fertilizers applied to the soils of the State of São Paulo the authors report the results obtained in two experiments with corn, one conducted on "terra-roxa-misturada" soil, in Campinas, and the other on sandy soil of the glacial type, in Ipanema. In both experiments the effect in question was very high. In Campinas the residual effect of superphosphate was equal, but in Ipanema it was superior to that of other relatively insoluble phosphates.

The authors reviewed also the results of various other experiments conducted in the State of São Paulo and concluded that it is impossible up to now to establish, for each type of soil, numerical relations between the residual effects of the phosphates studied. They state, however, that even in the red soils or in the "terra-roxa" the residual effects of superphosphate, as well as that of the other phosphates ordinarily used in São Paulo, are generally high enough to permit the reduction of the quantity of phosphorus to be applied on soils fertilized with this nutrient in the previous crops. Finally they point out the need of more detailed investigations to study the degree of reduction to be applied in every case.

LITERATURA CITADA

1. CAMARGO, T. A. & HERRMANN, J. Experiências com diversas formas de adubos fosfatados. *In* Instituto agrônômico do Estado de São Paulo em Campinas. Relatório dos trabalhos executados em 1925 e 1926. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1927. p. 159-254.
2. CATANI, R. A. & GARGANTINI, H. Extração do fósforo pelo método de Neubauer e por métodos químicos. *Bragantia* 13:[55]-62. 1954.

3. ——— & GALLO, J. R. Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo de fertilizantes. *Bragantia* 13:[75]-83. 1954.
4. ———, ——— & GARGANTINI, H. Extração de elementos nutritivos do solo por diversas culturas. Campinas, Instituto agrônomo, 1954. [Cartaz]
5. CUBA, P. Sôbre a duração da farinha de ossos na terra como adubo fosfatado. Campinas, Instituto agrônomo, 1934. 8 p. (Boletim n.º 7)
6. ——— Experiência de adubação fosfatada. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Serviço de Publicidade agrícola, 1939. 6 p.
7. KIEHL, E. J. & GOMES, F. PIMENTEL. Ensaio sôbre adubos fosfatados. *Rev. Agric.*, Piracicaba 26:391-396. 1951.
8. MALAVOLTA, E., COURY, T., RANZANI, G. [e outros]. Competição entre adubos fosfatados em milho (*Zea mays* L.). *Ann. Esc. Agric. Queiroz* 10:109-120. 1953.
9. MARTINS, R. CRUZ. Experiências de adubação — adubos fosfatados. *In* Instituto agrônomo de Campinas. Relatório dos anos agrícolas 1926-27 e 1927-28. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1934. p. 67-75.
10. ——— Experiências de adubação — adubos fosfatados. *In* Instituto agrônomo de Campinas. Relatório do ano agrícola 1928-29. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1935. p. 96-102.
11. MENDES, C. T. Contribuição para o estudo das adubações do algodoeiro. *In* Conferência nacional algodoeira, São Paulo, 23-28 de abril de 1935. São Paulo, Tipogr. Brasil de Rotschild & Co., 1935. Anais. v. 2. p. 41-57.
12. ——— Adubações fosfatadas. *Rev. Agric.*, Piracicaba 25:1-22. 1950.
13. PIERRE, W. H. Phosphate fertilizers. *In* The Yearbook of Agriculture, 1943-47. Washington, D. C., Department of Agriculture, 1947. p. 554-560.
14. VIÉGAS, G. P. Adubação do milho. II — Adubação mineral quantitativa. *Bragantia* 14:[149]-170. 1955.
15. ——— & FREIRE, E. S. Adubação do milho. IX — Ensaio com lodo de fossas sépticas "OMS". *Bragantia* 15:[137]-151. 1956.
16. ———, GARGANTINI, H. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. Efeito da mucuna sôbre as propriedades químicas do solo. [Em preparo]