

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

Vol. 24

Campinas, fevereiro de 1965

N.º 6

NÍVEIS DE FERTILIDADE DOS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO PARA A CULTURA ALGODOEIRA

I — OS TEORES DE FÓSFORO, NITROGÊNIO E POTÁSSIO (1)

F. DA COSTA VERDADE (2), ANTÔNIO CARLOS PIMENTEL WUTKE, A. ZINGRA DO AMARAL (3), KOZEN IGUE, *engenheiros-agrônomo*, *Seção de Fertilidade do Solo*, POPÍLIO A. CAVALERI, *engenheiro-agrônomo*, *Seção de Algodão*, Instituto Agrônômico

RESUMO

Durante os anos de 1957 a 1960, instalaram-se cêrca de 400 experiências de adubação para algodoeiro, nas principais zonas de exploração dessa malvácea no Estado de São Paulo. Dessas experiências, por diversas causas, só foram aproveitadas 216 para os estudos de fertilidade.

Os resultados indicaram maior reação para o fósforo, pequena para o nitrogênio e raramente para o potássio. Estudando-se os teores de fósforo solúvel em H_2SO_4 0,05 N, foi possível diferenciar dois tipos de reação, um para solos arenosos e outros para argilosos, e estabelecer os respectivos níveis de fertilidade.

Foram estabelecidos níveis, apenas preliminares, de reação ao nitrogênio, em virtude do pequeno número de experimentos com resposta significativa a êsse elemento. Dado o pequeno número de experiências com reação ao potássio, nenhuma indicação se conseguiu sobre os níveis de fertilidade para êsse elemento.

Verificou-se relação entre o pH do solo e a reação à adubação fosfatada, diminuindo a ação desta com a elevação do pH.

As experiências encontradas na literatura, abrangendo os mesmos solos e utilizando os mesmos extratores, permitiram confirmar os níveis de fertilidade preconizados para as condições do Estado de São Paulo.

1 — INTRODUÇÃO

O estudo de adubação do algodoeiro tem sido bastante intenso no Estado de São Paulo, procurando-se estabelecer a quantidade, o tipo de fertilizante e as influências que êle exerce na produção e germinação. Como exemplos, podem-se citar os recentes trabalhos de Schmidt e outros (13), Ramos e outros (11, 12), Neves e outros (8), Aguiar e outros (1) e McClung e outros (6).

(1) Recebido para publicação em 5 de outubro de 1964.

(2) Atualmente responsável pelo Serviço de Fotointerpretação.

(3) Atualmente no Serviço de Fotointerpretação.

Em 1956/57, foi planejado um estudo de adubação, abrangendo as áreas tipicamente algodoeiras. Seu programa, histórico e resultados dos dois primeiros anos, são descritos em outro trabalho por Neves, Schmidt e outros (9).

A interpretação dos resultados analíticos do solo já foi apresentada por Catani e Küpper (3) e Catani, Gallo e Gargantini (2). Os critérios adotados foram predominantemente químicos, baseados principalmente em médias de milhares de amostras de solos analisados.

O objetivo do presente trabalho foi estabelecer os níveis de fertilidade dos solos relacionados àquela experimentação de campo.

Dentre os nutrientes que afetam a produção do algodoeiro, destaca-se o fósforo. Dois métodos são correntes, neste Instituto, para sua extração e avaliação da fertilidade: o do ácido sulfúrico 0,05 *N* (2) e o do ácido oxálico + oxalato de potássio (10). Foram testados apenas os dois métodos. Nesta primeira parte, só serão apresentados os resultados das comparações entre as análises e os efeitos da adubação, reservando-se o estudo das correlações para outra fase do trabalho.

Tendo-se utilizado a cultura algodoeira, os resultados obtidos só se aplicam a essa cultura e se limitam aos solos comumente empregados no Estado, normalmente os mais férteis e de pH mais alto. A generalização para solos pobres, como os cerrados, depende de outros trabalhos associados com calagem. Neste campo está também trabalhando a equipe do «IBEC Research Institute», que emprega os mesmos métodos analíticos (6).

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

De cada área experimental foram colhidas amostras compostas de solo para determinações analíticas, conforme é descrito por Catani, Gallo e Gargantini (2), isto é, amostragens com trado de rêsca em diversos pontos, até 20 cm de profundidade, reunindo-as numa amostra única. À exceção do ano agrícola de 1957/58, foram colhidas amostras do perfil de solo de 20 em 20 cm, de cada experimento, até a profundidade de 1 metro. Destinaram-se à melhor identificação dos solos, e seu agrupamento em categorias, segundo o tipo de reação às adubações.

Nas amostras compostas foram determinados:

- a) pH, potenciomêtricamente (2);
- b) carbono, por via sêca, em aparelho Leco (2);
- c) nitrogênio orgânico e amoniacal, por Kjeldahlização (2);
- d) potássio trocável, extraído por solução 0,05 N de ácido nítrico e dosado por fotometria de chama (2);
- e) cálcio e magnésio trocáveis, extraídos por solução de ácido nítrico 0,05 N e dosados, respectivamente, pelo oxalato e 8-hidroxiquinolina (2);
- f) H^+ e Al^{+++} trocáveis, pela extração com acetato de cálcio e titulação com hidróxido de sódio (2).

A dosagem do fósforo solúvel em H_2SO_4 0,05 N seguiu a técnica de Catani e outros (2), enquanto que o processo do ácido oxálico e oxalato de potássio é o descrito por Paiva e outros (10), à exceção do cálculo. Neste, não foi empregada a curva hiperbólica de Vageler, mas, simplesmente, somaram-se os teores das duas extrações. As análises com oxalato foram efetuadas pela Seção de Agrogeologia (4).

No perfil, foram determinadas: as côres, pela tabela Munsell para solos; a textura, pelo tato; a estrutura e, em alguns casos, o fósforo, quando os resultados analíticos da amostra composta eram duvidosos. Os perfis destinavam-se também a outros estudos.

Em alguns experimentos, só foram analisados os principais elementos, porque a quantidade de amostra enviada era insuficiente para tôdas as determinações. Não se procurou tirar novas amostras em áreas próximas para não introduzir dados discutíveis.

Parte das análises já foi apresentada em trabalho anterior (9). Como houvesse algumas dúvidas, porém, tôdas foram refeitas.

Em todos os experimentos, os níveis de adubação, em quilogramas por hectare, foram 0,30 e 60 para o nitrogênio e para o potássio (K_2O), e 0, 45 e 90 para o fósforo (P_2O_5).

As experiências foram conduzidas, em seu maior número, nos solos derivados do arenito Bauru e na terra-roxa. Tomando-se por base só êsses dois grandes agrupamentos de solos, procurou-se estudar os elementos fósforo, potássio e nitrogênio.

(4) Os autores agradecem a colaboração.

3 — RESULTADOS OBTIDOS

Os estudos se processaram em diversos setores, procurando-se correlacionar os dados de campo com os de laboratório.

3.1 — ADUBAÇÃO FOSFATADA

3.1.1 — RELAÇÕES COM O MÉTODO DO H_2SO_4 0,05 N

No quadro 1, estão indicadas as freqüências de experiências com e sem reação ao fósforo, em solos do arenito Bauru e de terra-roxa, para diferentes teores de fósforo, determinados pelo método do ácido sulfúrico 0,05 N.

Agrupando-se os teores de fósforo segundo a reação à adubação fosfatada, podem-se estabelecer as seguintes classes para os solos do arenito Bauru:

LIMITES DE PO_4^{-3} EM e. mg/100 g SOLO	Número de experimentos com reação	Número de experimentos sem reação	Porcentagem de experimentos com reação sobre os sem reação
AGRUPAMENTO 1			
Abaixo de 0,06	17	3	85,0
0,07-0,14	31	32	49,2
Acima de 0,14	11	83	11,7
AGRUPAMENTO 2			
Abaixo de 0,07	21	4	84,0
0,08-0,14	27	31	46,6
Acima de 0,14	11	83	11,7
AGRUPAMENTO 3			
Abaixo de 0,08	24	9	68,6
0,09-0,14	24	26	48,0
Acima de 0,14	11	83	11,7
AGRUPAMENTO 4			
Abaixo de 0,07	21	4	84,0
0,08-0,09	10	8	55,6
0,10-0,14	17	23	42,5
Acima de 0,14	11	83	11,7

Verifica-se que os melhores desses agrupamentos são os dois iniciais, que permitem prever a reação para o fósforo com uma proba-

bilidade de 85-84%. Os casos duvidosos apresentam-se com uma possibilidade de reagir de 49,2-46,6%, enquanto que haverá reação em somente 11,7% dos casos com teores acima de 0,14 e.mg/100 g de fosfato.

A elevação do limite inferior para 0,08 e.mg diminuiu muito a porcentagem das experiências que deram reação. O desdobramento do limite intermediário também não trará maiores vantagens. O limite superior para a classe intermediária, em todos os casos, é 0,14 e.mg, porque é comum a classe com dominância de experiências sem reação.

Pela análise química do solo, pode-se prever, com alta possibilidade, a resposta à adubação fosfatada quando os teores são iguais ou menores que 0,06-0,07 e.mg. A possibilidade estará ao redor de 50% quando os solos estiverem entre 0,07 e 0,14, e acima deste teor haverá 11,7% de reação. Nota-se, também, que na classe acima de 0,14 e.mg dominam as reações ao nível estatístico de 5%, sendo pequenas as de nível 1%. Na classe intermediária, já existem as reações ao nível de 1%, enquanto que na igual ou inferior a 0,07 e. mg, tôdas são de nível de 1%.

Para êstes solos, tem-se que admitir uma faixa intermediária na previsão do seu comportamento quando a possibilidade de reação é equivalente à falta de resposta.

A análise anterior poderá ser feita para cada ano de experimentação. Para o agrupamento 1, obtêm-se: *a*) ano agrícola 1957/58, 88,3% de reação em experiências cujos solos tinham teores iguais ou inferiores a 0,06 e.mg PO_4^{-3} ; 36,3% de reação para limites 0,07 a 0,14 e.mg e 10%, acima de 0,14 e.mg; *b*) para o ano de 1958/59, 100% de reação para solos com 0,06 e.mg ou menos; 65,4% para os teores entre 0,07 e 0,14, e 15,8%, acima de 0,14; *c*) para 1959/60, 83,3% de reação para igual ou inferior a 0,06 e.mg; 40%, para os teores de 0,07 a 0,14 e.mg, e 9,8%, para os teores acima de 0,14 e.mg/100 g de solo.

Pode-se verificar que os dados são aparentemente mais precisos no agrupamento 1, escolhido como o melhor. Êsses limites, traduzidos em P_2O_5 /ha/20 cm de profundidade, são: igual ou inferior a 31 kg/ P_2O_5 entre 36 e 73 kg e acima de 73 kg.

No quadro 1, encontram-se também as experiências que não permitiram maior precisão para a determinação dos níveis de fósforo. No exame das análises químicas, nos relatórios de campo e nos dados de produção, não se constatarem irregularidades que pudessem ter interferido no comportamento dos níveis.

Quadro 1. — Distribuição do número de experiências com e sem reação para o fósforo para o fósforo, segundo os teores de fósforo no solo, pelo método de H_2SO_4 0,05 N, para diferentes anos agrícolas

Teor de PO_4^{3-} no solo, em e.mg/100 g	1957/58		1958/59		1959/60		Total 3 anos	
	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação
SOLOS DO ARENITO BAURU								
0,03-0,04	---	---	---	---	---	---	---	---
0,05	3	1	1	---	4	---	5	0
0,06	4	1	2	---	1	---	6	1
0,07	2	1	2	---	---	1	6	2
0,08	2	2	2	1	1	2	4	1
0,09	---	3	---	1	---	---	3	5
0,10	2	4	1	1	---	---	7	3
0,11	---	1	3	1	2	2	3	7
0,12	---	2	3	1	---	---	5	4
0,13	2	---	3	1	---	1	3	4
0,14	---	1	---	4	2	2	4	6
0,15	---	2	---	1	---	---	2	2
0,16	---	---	1	1	1	---	0	7
0,17	---	1	1	---	1	2	2	3
0,18	1	6	1	2	---	3	0	5
0,19	---	---	---	1	---	4	2	12
0,20	1	---	1	2	---	2	0	3
0,21	---	1	---	1	---	---	2	2
0,22 a 1,00	---	9	3	24	2	14	0	4
	17	36	28	41	14	41	59	118

QUADRO 1. ... (continuação).

Teor de PO_4^{--3} no solo, em e. mg/100 g	1957/58		1958/59		1959/60		Total 3 anos	
	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação
TERRA ROXA								
0,05	1	--	--	--	--	--	1	0
0,06	2	--	1	--	2	0	5	0
0,07	2	--	--	1	--	--	2	1
0,08	--	--	--	--	--	--	--	--
0,09	1	1	1	--	1	--	3	1
0,10	2	1	--	--	1	--	2	1
0,11	2	--	1	--	1	--	4	0
0,12	1	--	--	1	--	--	2	1
0,13	--	--	--	--	--	--	--	--
0,14	--	--	2	0	1	--	3	0
0,15	--	--	2	1	--	--	2	1
0,16	--	--	--	--	--	--	--	--
0,17	--	--	--	--	--	1	0	1
0,18	--	--	--	1	--	1	0	2
0,19	--	--	--	--	--	1	0	1
0,20	--	--	--	--	--	1	0	1
0,21 a 0,4	--	--	--	--	--	2	0	2
0,41 a 0,50	--	--	--	--	--	1	0	1
0,9	--	--	--	1	--	--	0	1
0,80	--	--	--	--	--	--	--	--
0,91 a 1,0	--	--	--	--	--	1	0	1
	11	2	7	5	6	8	24	15

O mesmo raciocínio pode-se aplicar ao caso da terra-roxa, ainda baseado no quadro 1. A divisão em níveis pode ser a seguinte:

LIMITES DE PO_4^{--3} EM e.mg/100 g SOLO	Número de experimentos com reação	Número de experimentos sem reação	Porcentagem de experimentos com reação sobre os sem reação
AGRUPAMENTO 1			
Abaixo de 0,17	24	5	82,2
Acima de 0,17	0	10	0,0
AGRUPAMENTO 2			
Abaixo de 0,11	17	3	85,0
0,12-0,16	7	2	77,8
Acima de 0,16	0	10	0,0

Esses dados não mostram um nível intermediário entre o campo de reação para o fósforo e o de não reação. Pouco se ganha em precisão ao se estabelecer uma faixa intermediária, mesmo com a análise do agrupamento 2 para cada ano. Verificar-se-á que nos anos de 1957/58 e 1959/60, na faixa média, a reação ao fósforo, segundo o número de experiências, é de 100%, baixando para 66,7% somente no ano de 1958/59.

Nos solos derivados do arenito Botucatu, realizaram-se 9 experiências, de 1957 a 1959. O comportamento desses solos foi semelhante ao do arenito Bauru, havendo uma experiência em 1957/58 (número 24) em que, com teor de 0,06 e. mg de íon fosfato, não houve reação. Essa experiência aparentemente teve comportamento irregular, porque reagiu ao K ao nível de 5%, mas o melhor tratamento foi o 2-1-0, isto é, sem potássio.

Nos solos derivados de rochas do pré-cambriano, comumente denominados massapé-salmourão, foram realizadas oito experiências em três anos. O comportamento das análises foi semelhante ao da terra-roxa, o que equivale a admitir dois níveis; maior que 0,16 e.mg e igual ou inferior a 0,16, com reação para fósforo.

Das 6 experiências nos solos derivados de sedimentos glaciais, nenhuma reagiu ao fósforo, e o teor mínimo de PO_4^{--3} foi de 0,11 e.mg. Estes solos devem se enquadrar no tipo de reação aos solos do arenito Bauru.

Em solos derivados dos sedimentos do Corumbataí, nenhuma reação se obteve para as duas experiências realizadas. O teor mínimo do

Quadro 2. — Distribuição do número de experiências com e sem reação para o fósforo, segundo os teores de fósforo no solo, pelo método do ácido oxálico + oxalato de potássio e reação à adubação fosfatada

Teor de PO_4^{--3} no solo, em e.mg/100 g	1957/58		1958/59		1959/60		Total 3 anos	
	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação
SOLOS DO ARENITO BAURU								
0,04 a 0,10	3	4	3	0	2	0	8	4
0,11 a 0,14	3	4	9	0	3	1	15	5
0,15 a 0,19	7	2	5	6	2	6	14	14
0,20 a 0,24	0	6	5	5	2	10	7	21
0,25 a 0,29	1	2	1	3	0	6	2	11
0,30 a 0,34	2	5	0	6	1	3	3	14
0,35 a 0,39	0	2	0	2	0	2	0	6
0,40 a 0,44	0	2	1	0	1	2	2	4
0,45 a 0,49	1	3	0	4	0	2	1	9
0,50 a 0,54	0	0	3	0	0	1	3	1
0,55 a 0,59	0	1	0	1	0	1	0	2
0,60 a 0,65	0	0	0	2	0	2	0	4
0,66 a 0,70	0	1	0	1	1	1	1	3
0,71 a 0,75	0	0	0	2	0	0	0	2
0,76 a 0,80	0	1	0	1	1	0	1	3
0,81 a 0,85	0	0	1	0	0	1	1	2
0,86 a 0,95	0	0	0	0	0	0	0	0
0,96 a 1,00	0	1	0	3	0	0	0	0
1,01 a 1,50	0	2	0	0	0	1	0	6
1,51 a 2,00	0	0	0	0	0	0	0	1
2,00 a 2,50	0	0	0	1	0	0	0	1
2,51 a 3,00	0	0	0	1	0	0	0	1
maior 3,00	0	0	0	1	0	0	0	1
	17	36	28	39	13	41	58	114

QUADRO 2. — (continuação).

Teor de PO ₄ ⁻³ no solo, em e.mg/100 g	1957/58		1958/59		1959/60		Total 3 anos	
	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação	Com reação	Sem reação
TERRA ROXA								
0,10 a 0,15	0	0	0	0	1	0	1	0
0,16 a 0,20	0	0	0	1	0	0	0	1
0,21 a 0,40	0	0	0	0	0	0	0	0
0,41 a 0,45	1	0	0	0	0	0	0	0
0,46 a 0,50	2	0	0	0	1	1	3	1
0,51 a 0,60	0	0	1	2	0	0	1	1
0,61 a 0,70	2	0	2	1	1	1	5	2
0,71 a 0,80	1	0	0	0	0	0	1	0
0,81 a 0,90	0	0	2	0	1	2	3	2
0,91 a 1,00	0	1	0	0	0	0	0	1
1,01 a 1,10	0	0	0	0	0	0	0	0
1,11 a 1,20	0	1	0	0	0	0	0	1
1,21 a 1,50	4	0	0	0	1	2	5	2
1,51 a 2,00	0	0	1	0	0	0	1	0
2,01 a 2,50	0	0	0	0	0	0	0	1
maior 2,50	1	0	0	0	1	2	2	2
	11	2	6	4	6	9	23	15

solo foi de 0,17 e.mg e, portanto, não se pode determinar em que grupo de níveis eles se enquadram. Admite-se que sejam similares ao arenito Bauru, mas não se tem nenhum experimento para comprovar.

3.1.2 — MÉTODO DO ÁCIDO OXÁLICO

Distribuindo os resultados analíticos do PO_4^{-3} extraído pela solução de ácido oxálico + oxalato de potássio, obtém-se o quadro 2.

O agrupamento por níveis de fertilidade para o arenito Bauru pode ser o seguinte:

LIMITES DE PO_4^{-3} EM e.mg/100 g SOLO	Número de experimentos com reação	Número de experimentos sem reação	Porcentagem de experimentos com reação sobre os sem reação
Abaixo de 0,14	23	9	74,2
0,14-0,19	14	14	50,0
Acima de 0,19	22	91	19,5

De acôrdo com êsses dados, qualquer outro agrupamento estabelecido produziria menores porcentagens, acarretando imprecisão. Considerando-se êsses níveis em cada ano, as porcentagens de reação serão, respectivamente: para 1957/58, 42,9, 77,8, 13,3%; 1958/59, 100, 45,4 e 37,5%; 1959/60, 83,3, 25 e 15%.

As oscilações são bastante amplas por êsse método, variando, aparentemente, os níveis de ano para ano. É de notar que, pelo método do ácido sulfúrico 0,05 N, o ano de maior variação foi 1957/1958, o mesmo ocorrendo para êste quando se teve um nível com porcentagem menor de previsão.

Os dados do método do ácido oxálico + oxalato de potássio aplicado à terra-roxa estão também no quadro 2. Os resultados são muito variáveis e não permitem o estabelecimento de níveis, pois nos teores de 1,21 a 2,5 e.mg de PO_4^{-3} encontram-se 9 experiências com reação, enquanto 5 deram resposta contrária. O método, portanto, não permite relação alguma entre o teor do fosfato na terra-roxa e a reação à adubação fosfatada.

É provável que a maior deficiência do método resida na sua capacidade extratora do fósforo ligado ao ferro e ao alumínio, inaproveitável na nutrição vegetal.

Conforme pode ser visto em outros trabalhos (14, 15), a terra-roxa foi o solo de maiores teores em fósforo total, aliados às porcentagens de 20 a 35% de Al_2O_3 e 25 a 35% de Fe_2O_3 . Também é possível que, sendo êstes solos mais ricos de matéria orgânica, o método do ácido oxálico consiga extrair mais fósforo orgânico. Como se admite que o fósforo orgânico é de fácil acesso às plantas, o ácido oxálico deveria dar melhores resultados.

Dividindo-se os valores indicativos dos teores obtidos pelo processo do ácido oxálico pelos do ácido sulfúrico, obtêm-se as relações: 2,1 nos solos do arenito Bauru, com reação para fósforo, e 1,4 para os sem reação. Essas relações para a terra-roxa são, respectivamente, 11,1 e 5,3.

Como os solos com reação possuem menos fósforo solúvel, é de concluir que o método do ácido oxálico + oxalato de potássio tem maior capacidade de extração de formas de fósforo resistentes e não aproveitáveis pelas plantas.

3.2 — ADUBAÇÃO NITROGENADA

Os resultados de 209 experiências nos solos do arenito Bauru e na terra-roxa indicam que 32 deram reações à adubação nitrogenada. Para o primeiro grupo de solos, a reação a êsse fertilizante foi de 14%, e, na terra-roxa, de 22%.

Para estabelecer os níveis críticos de nitrogênio do solo, para recomendação da adubação, arbitraram-se os agrupamentos das experiências em classes de 0,01% de nitrogênio para ambos os solos. Representando-se grãficamente a porcentagem de experiências com e sem reação, obtêm-se os resultados da figura 1. *A* e *B*.

A análise dos dados não permite estabelecer limites precisos de teores de N do solo, para prever adubação. No caso do arenito Bauru, tôdas as reações acima dos teores 0,08 são simplesmente significativas, podendo ou não estar associadas com reação a P. A predominância de reações altamente significativas é encontrada nos solos com teores iguais ou inferiores a 0,06%. É interessante notar que não houve um caso sequer de reação para teores acima de 0,10%, apesar de existirem 12 experiências. O limite igual ou inferior a 0,03% de N talvez seja o mínimo, mas, existindo apenas uma experiência, o dado é pouco significativo.

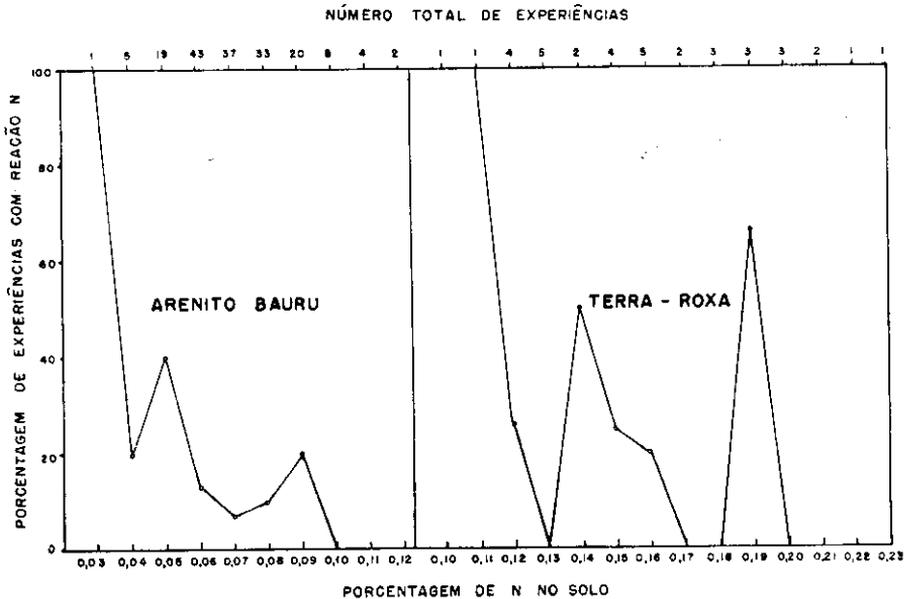


FIGURA 1. — Relação entre o teor de nitrogênio do solo e a porcentagem de experiências com reação à adubação nitrogenada

Pode-se, portanto, definir preliminarmente os limites seguintes, para solos do arenito Bauru:

- 0,04% N — com alta probabilidade de reação
- 0,04 a 0,09% N — com 14% de probabilidade de reação
- 0,09% — sem reação

Para a terra-roxa, a mesma imprecisão ocorre no limite inferior. Com apenas duas experiências reagindo a nitrogênio, fica o limite localizado no teor 0,11% de N. Acima de 0,19, nenhuma reação ocorreu, enquanto que com o teor de 0,19, duas experiências em três deram reação. Pode-se aceitar que o limite superior seja 0,17% de N e os níveis podem ser propostos da seguinte forma:

- Abaixo de 0,12 — alta probabilidade de reação
- 0,12 a 0,16 — com 20% probabilidade de reação
- Acima de 0,16 — baixa probabilidade de reação

A característica da terra-roxa, de apresentar altos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, de nitrogênio, já foi analisada em outros trabalhos (5) (5). Infere-se que a oxidação de tais compostos, nesse solo, é lenta, traduzindo-se por níveis de fertilidade mais elevados quando comparados aos solos arenosos.

Devido à baixa reação para nitrogênio e à previsão pouco segura da análise química do solo, é aconselhável, quando adubar, utilizar fórmula completa e com pequenas doses de N e K.

Dos demais solos, nenhuma inferência pôde ser obtida. De 9 experiências em solos do arenito Botucatu, só uma reagiu a N, o mesmo acontecendo em 7 outras, em solos do pré-cambriano. Nos sedimentos do corumbataí ou glacial (8 experiências) não houve reação. O mesmo agrupamento de solos para o caso do fósforo (solos arenosos e argilosos) é aconselhável utilizar para o nitrogênio.

3.3 — ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Das 209 experiências estudadas, somente 10 deram reações positivas a K, sendo três em terra-roxa e as restantes em solos derivados do arenito Bauru. Os teores variaram desde 0,05 a 0,33 c.mg de K^+ por 100 g de solo e, dado o pequeno número de reações, nenhuma interferência pôde ser obtida. Como os solos estudados representam aqueles em cultivo com o algodoeiro e são sempre os mais férteis, é possível encontrar as reações em solos mais pobres.

Esses resultados gerais já foram obtidos por Neves e outros (7), pois experiências localizadas em Ribeirão Preto, Sorocaba e Tatuí deram resultados nulos ou muito pequenos. Somente em Campinas os autores encontraram reação ao potássio.

3.4 — OUTROS ESTUDOS BASEADOS NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS

Relacionando o índice pH com a reação ao fósforo, obtêm-se as curvas da figura 2-A e B. Para essa comparação, os índices pH do solo

(5) VERDADE, F. C. Matéria orgânica do solo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1953. [Conferência].

QUADRO 3. — Aplicação dos níveis de fertilidade para outras experiências da bibliografia

Autores	Locais e solos	Resultados analíticos em 100 g solo			Previsão análise Reações	Efeitos
		PO ₄ ⁻³	N	K+		
Cavaleri e outros (4)	Mirandópolis — Arenoso Presidente Bernardes — Arenoso São José do Rio Preto	<i>e. mg</i>	%	<i>e. mg</i>	± P (médio)	K+ (negativo), P N positivo no 1.º ano e negativo no 2.º P e N positivos no 1.º ano e nulos no 2.º; K nulo no 1.º ano e positivo no 2.º
		0,09	0,08	0,49	P	
		0,47	0,05	2,47		
			0,06	0,06	0,25	
	Votuporanga Oswaldo Cruz — Arenoso Maracá — Arenoso Presidente Bernardes — Arenoso Votuporanga — Arenoso	0,11	0,05	0,30	P	P, N e K negativos Sem reação
		0,23	0,11	0,68	P	P positivo
		0,05	0,08	0,22	P (médio)	P positivo
		0,11	0,06	0,29	± P (médio)	N positivo
			0,13	0,06	0,35	
	Ramos e outros (11)	Campinas — Argiloso Mococa — Argiloso Ribeirão Preto — Argiloso Tatuí — Arenoso Presidente Bernardes — Arenoso Pindorama II	0,09	?	?	P
0,06			?	?	P	P positivo
0,15			?	?	± P (médio)	P positivo (12%, só na dose I)
0,22			?	?		
0,45			?	?		P negativo
0,03			?	?		Sem reação

foram distribuídos nos seguintes grupos: 4,5 a 4,9; 5,0 a 5,4; 5,5 a 5,9; 6,0 a 6,4; 6,5 a 6,9; 7,0 a 7,4; 7,5 a 7,9.

No caso dos solos do arenito Bauru, a relação foi bastante significativa. Nos solos com pH inferior a 5,4, as plantas reagiram bastante a fósforo, sendo nula a reação acima de pH 7,4.

Para terra-roxa, é baixo o número de dados (36 experiências). Não permitiram boa relação, principalmente no agrupamento 4,5 a 4,9, com uma única experiência (sem reação a P). Não se considerando este extremo, poder-se-ia dizer que a reação ao fósforo se mostrou pouco relacionada ao pH. Talvez o alto teor de ferro e alumínio (15) tenha tido interferência neste fenômeno, por fixação ou liberação do fósforo nas oscilações do pH.

O estudo da interação fósforo x pH não apresentou relação definida, mas somente tendência de existir mais fósforo assimilável com maior pH, até o limite 7,5.

Também, a relação entre agrupamentos de pH e porcentagem de respostas à adubação fosfatada, no arenito Bauru, não trouxe subsídio algum que melhorasse a previsão na faixa intermediária, de 0,08 a 0,14 e.mg de PO_4^{-3} por 100 g de solo.

3.5 — COMPARAÇÃO COM OUTROS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados obtidos neste programa de pesquisas podem ser aplicados a outros dados experimentais, prevendo-se o comportamento e os resultados de adubação.

Cavaleri, Fuzzato e Freire (4), estudando a ação da mucuna e de adubos minerais, apresentam uma série de experiências que podem ser analisadas nos limites preconizados. Ramos e outros (11) apresentam outros resultados que só podem ser analisados quanto a fósforo.

Verifica-se, como exposto no quadro 3, que os limites fixados neste trabalho se aplicam a todos os resultados experimentais dos literaturas acima citadas, à exceção de Pindorama II, nos experimentos de Ramos e outros (11).

Em solos com teores médios, foi variável e aleatório o efeito da adubação fosfatada, da maneira já comentada em 3.1. Por outro lado, quando houve reação nessas condições, foi pouco intensa. A exceção

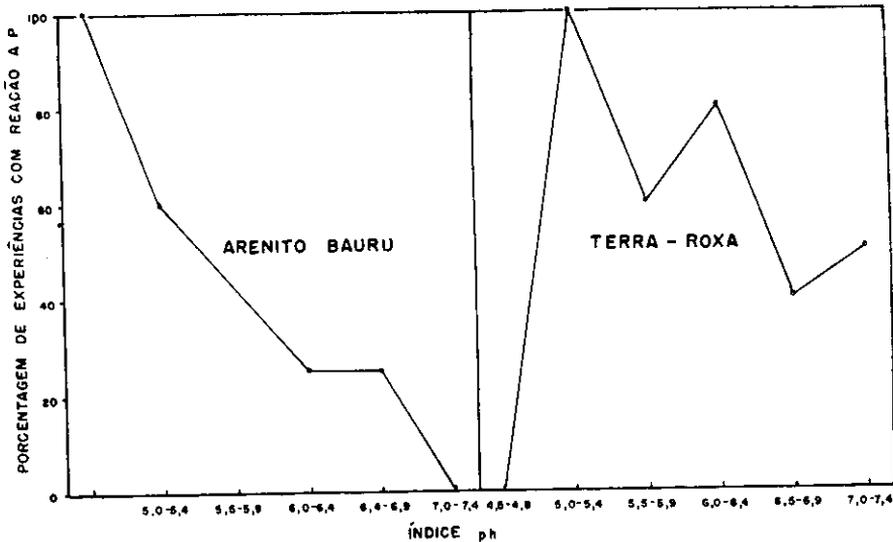


FIGURA 2. — Relação entre agrupamentos de pH do solo e a porcentagem de experiências com reação à adubação fosfatada.

de Pindorama II é difícil de explicar, pois o solo, paupérrimo (6 kg de P_2O_5 /ha), deveria reagir à adubação.

Com relação ao nitrogênio, os casos de reação correspondem a solos com teores médios, também de resultados possíveis e próximos do limite inferior estabelecido em 3.2.

Do exame do quadro 3 depreende-se, ainda, que as respostas à adubação potássica, apresentadas na literatura consultada, concordam com as observações que os autores puderam fazer a respeito neste trabalho.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Sobre a interpretação dos resultados analíticos do **fosfato solúvel**, expresso em e.mg de PO_4^{--3} por 100 g de solo, pôde-se concluir o seguinte:

1) O método do H_2SO_4 0,05 N possibilitou o estabelecimento de dois agrupamentos de solos, com diferentes níveis de fertilidade. Um reúne os solos arenosos, com os seguintes níveis: igual ou inferior a 0,07 — teor baixo; de 0,08 a 0,14 — teor médio; acima de 0,14 — teor alto. No outro agrupamento, enquadram-se os solos argilosos, especial-

mente terra-roxa e massapé-salmourão, com os níveis: igual ou inferior a 0,17 — teor baixo; acima de 0,17 — teor alto. Êsses níveis têm oscilações, segundo as variações climáticas e devem representar as condições médias de São Paulo.

2) O método do ácido oxálico + oxalato de potássio revelou-se pouco eficiente, quando aplicado aos solos arenosos, e totalmente inadequado para os argilosos. Não é recomendável para preconizar adubação para o algodoeiro.

Devido ao pequeno número de respostas à adubação nitrogenada (14% nos solos arenosos e 22% nos argilosos), os níveis de fertilidade estabelecidos para o nitrogênio devem ser considerados com a devida reserva, até que se obtenham dados mais conclusivos.

3) Para a interpretação dos resultados de análise, expressos em porcentagem de «N total» (N protéico + amoniacal), estabeleceram-se os seguintes índices para os solos arenosos: menor do que 0,04 — teor baixo; de 0,04 a 0,09 — teor médio, com baixa probabilidade de reação; acima de 0,09 — teor alto.

4) Para os solos argilosos, os índices foram: menor do que 0,12 — teor baixo; de 0,12 a 0,16 — teor médio, com baixa probabilidade de reação; acima de 0,16 — teor alto.

5) Como o nitrogênio disponível às plantas está nas formas NH_4^+ ou NO_3^- , que dependem da atividade microbiana, as condições climáticas devem influir em muito na capacidade de nutrição do algodoeiro. É possível que o limite inferior desses índices possa sofrer pequena elevação, o que justificaria as reações citadas na bibliografia e nos teores de 0,04 a 0,06%.

6) O potássio, com pequena reação, não permitiu estudo algum. De 209 experiências, somente 10 deram resultados positivos, o que representa cerca de 5%.

LEVELS OF SOIL FERTILITY FOR COTTON CROPS

SUMMARY

During the years of 1957 through 1960, about 400 experiments for cotton fertilizing were installed in the main districts of exploitation of this *malvacea*. For some reason or another, only 216 out of these experiments were used for the studies about fertility.

The results obtained from the fertilization indicate that the major reaction is for the element phosphorus, in a small scale for the nitrogen and, for potassium, in less than 5% of the whole of the experiments. When studying the contents of phosphorus soluble in H_2SO_4 0.05 N, it was possible to differentiate two types of reaction: one for sandy soils and the other for the clay soils, thus establishing the respective levels of fertility. Another method investigated was that of the oxalic acid + potassium oxalate 1 N as extractor of phosphorus, which did not show adequate to foresee the requirements of phosphorous fertilization.

The levels of nitrogen established through this experimentation should be considered as a preliminary attempt, on account of the small number of trials with reaction to nitrogenous fertilization. Due to the small number of trials with reaction to potassium, no indications were possible to be obtained for this element.

It was also found that there is a relation between the pH of the soil and the reaction to phosphorous fertilization, lessening its action with the raising of the pH.

The experiments as located in the literature, referring to the same soils and utilizing the same extractors, allowed the confirmation of the divulged fertility levels.

LITERATURA CITADA

1. AGUIAR, H. C. CORRÊA, D. M., NEVES, O. S. [e outros]. Adubação do algodoeiro. VIII — Ensaio com diversos adubos fosfatados. *Bragantia* 19:[33]-56. 1960.
2. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem do solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônomo, 1955. 29p. (Boletim N.º 69)
3. ——— & Küpper, A. Algumas características químicas dos solos do Estado de São Paulo e sua interpretação analítica. *Bragantia* 6:[147]-163. 1946.
4. CAVALERI, P. A., FUZZATO, M. G. & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. XIV — Experiências com mucuna e adubos minerais. *Bragantia* 22:[331]-350. 1963.
5. FREIRE, E. S. & VERDADE, F. C. Matéria orgânica nos solos do Estado de São Paulo, especialmente na terra-roxa. *Bragantia* 19:[261]-272. 1960.
6. McCLUNG, A. C., FREITAS, L. M. M. de [e outros]. A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado do Estado de São Paulo. São Paulo, IBEC Research Institute, 1961. 35p. (Boletim N.º 27)
7. NEVES, O. S., CAVALERI, P. A. [e outros]. Adubação do algodoeiro. X — Ensaio com diversos adubos potássicos. *Bragantia* 19:[83]-200. 1960.
8. ——— & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. VII — Ensaio com diversos adubos fosfatados (La Série). *Bragantia* 18:[295]-318. 1959.
9. ———, SCHMIDT, W., CORRÊA, D. M. [e outros]. Ensaio de adubação do algodoeiro. Campinas, Instituto Agrônomo, 1960. 33p. (Boletim N.º 114)

10. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A. [e outros]. Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de São Paulo. *In* Reunião Bras. de Ciência do Solo, 1.a. Rio de Janeiro, 1947. Anais. Rio de Janeiro, Soc. Bras. Sci. Solo, 1950. p.[79]-108.
11. RAMOS, I., NEVES, O. S. & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. VI — Ensaio com doses crescentes de fósforo. *Bragantia* 18:[199]-223. 1959.
12. ———, SCHMIDT, W., CAVALERI, P. A. [e outros]. Adubação do algodoeiro. IX — Ensaio com diversos adubos fosfatados (3.a Série). *Bragantia* 19:[101]-127. 1960.
13. SCHMIDT, W., NEVES, O. S. & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. V — Ensaio com azoto, fósforo e potássio em «campos de co-ope-eração». *Bragantia* 17:[363]-409. 1958.
14. VERDADE, F. C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. II — Fósforo e manganês. *Bragantia* 19:[567]-577. 1960.
15. ———. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. III — Sesquióxidos, sílica e certas relações moleculares. *Bragantia* 20:[885]-905. 1961.