

EFEITO DO USO CONTÍNUO DE CERTOS ADUBOS AZOTADOS, SÔBRE O pH DO SOLO(*). O. S. NEVES, G. P. VIÉGAS e E. S. FREIRE(**). Na experiência relatada em nota anterior (1) também figuraram adubações com NPK, em que o azôto foi empregado nas formas de uréia e de sulfato de amônio, para compará-las com aquela em que se usou salitre do Chile. Êsses tratamentos foram excluídos da referida nota e de outros trabalhos sôbre a experiência em aprêço, por tratar-se de assunto que poderia e deveria ser estudado separadamente. Como nessa nota já foram apresentadas as características da experiência e mencionados os trabalhos em que ela foi parcialmente publicada, bem como os nomes dos que a planejaram e executaram, basta lembrar que nas três adubações agora estudadas o fósforo foi sempre empregado na dose de 60 kg/ha de P_2O_5 e na forma de superfosfato, o potássio, como cloreto e em doses que oscilaram, conforme a cultura, entre 100 e 120 kg/ha de K_2O , o azôto, nas formas já mencionadas e sempre na dose de 80 kg/ha.

As produções obtidas acham-se no quadro 1, do qual foram omitidas as culturas de inverno (cevada e trigo), não sômente porque elas poucas vezes figuraram na experiência, mas principalmente porque em regra produziram muito pouco e não servem de base para avaliar os efeitos em estudo. Vê-se que na cultura do arroz, que só ocupou os canteiros experimentais em 1931-32, as adubações em que o azôto foi empregado como uréia e, sobretudo, como sulfato de amônio, foram bem mais eficientes que aquela em que o nutriente em aprêço foi fornecido pelo salitre. Em média das cinco colheitas de milho as três adubações se comportaram igualmente, ao passo que nas cinco colheitas de algodão o tratamento com uréia mostrou-se um pouco inferior, e, o com sulfato de amônio, muito inferior ao que recebeu salitre.

Conforme se observa no quadro 1, no decorrer da experiência a posição da uréia em relação ao salitre manteve-se mais ou menos como nas médias, tanto para o milho como para o algodão. No que toca ao sulfato de amônio, porém, sua posição tendeu a piorar. Assim é que mesmo no

(*) Recebida para publicação em 18 de janeiro de 1960.

(**) Contratado pelo Conselho Nacional de Pesquisas, para colaborar com técnicos do Instituto Agrônômico.

(1) VIÉGAS, G. P., NEVES, O. S. & FREIRE, E. S. Sôbre o efeito de dois fosfatos naturais. *Bragantia* 19:cxiii-cxviii, 1960.

milho, em cujas médias não se notaram diferenças apreciáveis entre as três adubações, do primeiro ano para o último as relações entre as produções obtidas nos tratamentos em que figuram salitre e sulfato de amônio foram sucessivamente 100:109, 100:103, 100:103, 100:88 e 100:83. Deve-se notar que a cultura do milho em 1941-42 foi feita, sem qualquer adubação, seis anos depois da última aplicação de adubos e de terem sido os canteiros da experiência abandonados à vegetação espontânea.

QUADRO 1. — Produções de grãos de milho e arroz, e de algodão em caroço, obtidas em uma experiência conduzida na Estação Experimental Central, Campinas, em cujos canteiros foram plantadas sucessivamente várias culturas adubadas com NPK, sendo o azoto empregado nas formas de salitre do Chile, uréia ou sulfato de amônio (s.am.)

Anos	Culturas	Produções com PK mais			Com salitre = 100	
		salitre	uréia	s. am.	uréia	s. am.
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	%	%
1925-26.....	Milho	1 057	1 213	1 147	115	109
1926-27.....	Milho	4 520	4 670	4 673	103	103
1927-28.....	Algodão	847	707	676	83	80
1928-29.....	Milho	3 393	3 350	3 483	99	103
1929-30.....	Algodão	2 147	1 899	1 618	88	75
1930-31 ⁽¹⁾ ...	Milho	-----	-----	-----	-----	-----
1931-32.....	Arroz	3 027	3 337	3 477	110	115
1932-33.....	Algodão	2 186	2 009	1 564	92	72
1933-34.....	Algodão	1 986	2 016	1 630	102	82
1934-35.....	Milho	2 503	2 567	2 203	103	88
1935-36.....	Algodão	762	638	513	84	67
1941-42 ⁽²⁾ ...	Milho	1 844	1 940	1 534	105	83
Médias.....	Milho	2 663	2 748	2 608	103	98
	Algodão	1 586	1 454	1 200	92	76

(1) Resultados não encontrados.

(2) Os adubos não foram aplicados.

Em solos neutros ou aproximadamente neutros, as formas nítrica e amoniacal do azoto geralmente apresentam a mesma eficiência na adubação do milho e do algodoeiro. Ora, ao ser instalada a experiência em estudo, o solo tinha pH=6,50; estava, portanto, em condições favoráveis à atuação dos adubos comparados. Acontece, porém, que mesmo quando cultivados sem adubação mineral, pelo menos em certas zonas do Estado

de São Paulo os solos tendem a se acidificar (²). Por outro lado, a aplicação de sulfato de amônio acentua essa tendência, sobretudo quando se usam, como na experiência, doses elevadas, de cerca de 400 kg/ha em cada cultura. Nessas condições, não é para estranhar que em 1938 — portanto, três anos após a última adubação — a análise do solo dos canteiros experimentais, feita pela antiga Seção de Solos, tenha revelado, em média (aritmética) de cinco amostras para cada tratamento, os índices abaixo relacionados:

<i>Tratamentos</i>	<i>pH int.</i>
PK + salitre -----	5,91
PK + uréia -----	5,61
PK + sulf. de am.	5,07

Observa-se que a adubação com salitre não impediu o processo normal de acidificação, e que aquela em que o azôto foi empregado como sulfato de amônio o acelerou consideravelmente. A adubação com uréia ocupou, conforme esperado, uma posição intermediária.

Quando o algodoeiro ocupou pela primeira vez os canteiros experimentais, êstes já haviam tido quatro culturas de cereais, três das quais foram adubadas. Quer isso dizer que, além da acidificação normal, os canteiros com sulfato de amônio sofreram, então, uma acidificação adicional correspondente ao emprêgo de cerca de 1,6 t/ha dêsse adubo (incluindo, naturalmente, a dose aplicada na cultura do algodoeiro). Nos anos seguintes a situação cada vez mais se agravou, pois até a última cultura adubada, em 1935-36, o total de sulfato de amônio aplicado atingiu quase 5,5 t/ha. Disso resultou que, desde o início, êsse adubo se tornou menos eficiente na cultura do algodoeiro, que é, aliás, bastante sensível à acidez do solo. O milho, que é bem mais tolerante nesse sentido, a princípio respondeu melhor ao azôto amoniacal, mas, como se viu, acabou produzindo mais na presença da forma nítrica. Quanto ao arroz, que figurou um só ano na experiência, serviu para demonstrar, mais uma vez, sua preferência por solos um tanto ácidos, ou pelo azôto amoniacal.

(²) CAMARGO, T. & MELLO, P. CORRÊA. Estudo comparativo sobre o estado de saturação em bases substituíveis nas terras roxas virgens e cultivadas com cafeeiro há cerca de trinta anos. 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.13-34.

A finalidade da experiência relatada foi verificar se, no nosso meio, os adubos estudados se comportavam como em outras regiões. Por isso mesmo, além de se adubarem tôdas as culturas com doses relativamente muito elevadas de azôto, não se alternaram aplicações de diferentes formas dêsse elemento nem se usaram, em conjunto com êle, adubos fosfatados que pudessem atenuar o processo de acidificação; sobretudo não se fêz, oportunamente, calagem do terreno, medida que seria aconselhável mesmo no caso do uso contínuo do azôto nítrico. A influência da calagem sôbre o comportamento dos adubos em estudo foi observada numa outra experiência, conduzida ao lado da que acaba de ser descrita. Salvo nos dois primeiros invernos, as culturas que ocuparam os canteiros dessa outra experiência foram simultâneamente as mesmas da anterior. Detalhes sôbre o plano experimental e sua execução até 1929-30 já foram publicados (3, 4, 5, 6); assim, para o presente resumo são necessárias apenas algumas informações complementares. As doses de P_2O_5 oscilaram, conforme a cultura, entre 72 e 120 kg/ha, sendo empregadas na forma de superfosfato; as de K_2O , entre 90 e 120 kg/ha, usando-se cloreto de potássio. Embora cada canteiro recebesse sempre o mesmo adubo azotado, as doses variaram muito: tôdas as vêzes que os canteiros experimentais foram ocupados pelo algodoeiro receberam 30 kg/ha de N; quanto às demais culturas, algumas foram adubadas à razão de 60 kg/ha, ao passo que outras não tiveram adubação azotada. Além da quantidade global de adubos azotados ter sido muito menor que na experiência anteriormente citada, nos canteiros da presente experiência, com exceção dos que não receberam qualquer adubação, tanto em 1927 como em 1929 foram aplicadas 2,3 t/ha de cal com 70% de CaO. Amostras do solo dêsses canteiros foram tomadas em 1938, como na experiência anterior, tendo revelado, em média, as seguintes reações:

-
- (3) CAMARGO, T. A. & HERRMANN, J. Experiências com diversas formas de adubos azotados. *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. 65-113.
- (4) MARTINS, R. CRUZ. Experiência comparativa entre diversas formas de adubos azotados. *In* Instituto agrônômico de Campinas. Relatório do ano agrícola 1926-27. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1934. p. 23-24.
- (5) MARTINS, R. CRUZ. Experiências de adubação. *In* Instituto agrônômico de Campinas. Relatório do ano agrícola 1928-29. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1935. p. 84-116.
- (6) MARTINS, R. CRUZ. Experiências de adubação — adubos azotados. *In* Instituto agrônômico de Campinas. Relatório do ano agrícola 1929-30. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1935. p. 91-97.

<i>Tratamentos</i>	<i>pH int.</i>
Sem cal e sem adubo -----	6,00
Cal + PK -----	6,63
Cal + PK + salitre -----	6,70
Cal + PK + uréia -----	6,65
Cal + PK + sulfato de am -----	6,43

No início da experiência o solo tinha $\text{pH}=6,50$. Verifica-se, assim, que nos canteiros sem adubo, que também não receberam cal, êle se tornou mais ácido, seguindo, portanto, a tendência natural. Entretanto, nos que receberam cal, apesar de haver um intervalo de nove anos entre a última calagem e a determinação do pH , êste estava praticamente como no início da experiência. Em relação a PK, o salitre e a uréia não o modificaram; o sulfato de amônio o reduziu, mas muito ligeiramente e deixando-o em nível satisfatório. A conseqüência disso foi que nesta experiência o algodoeiro, que é mais sensível à reação do solo, se desenvolveu tão bem nos canteiros adubados com sulfato de amônio como nos que receberam uréia ou salitre, e sua produção, em média dos cinco anos em que êle foi cultivado, atingiu respectivamente 2 353, 2 420 e 2 411 kg/ha. Nota-se que nesta experiência as produções com NPK foram muito mais elevadas que na experiência anterior, o que certamente se deve à aplicação de maiores doses de fósforo e à manutenção da reação do solo em nível adequado.

A pouco mais de uma centena de metros do local que serviu para as duas experiências que acabam de ser estudadas foi instalada, em 1936-37, uma outra em que o algodoeiro foi cultivado consecutivamente durante seis anos. A terra era do mesmo tipo, roxa-misturada, mas a área escolhida vinha sendo cultivada com algodão há 12 anos, sendo adubada, nos últimos sete anos, à razão de 70-100 kg/ha de P_2O_5 e K_2O . Em 1934-35 essa área também recebeu 2 t/ha de carbonato de cálcio. Os tratamentos constaram de adubações anuais com 20-80-90 kg/ha de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$, sendo comparadas três formas de fósforo e duas de azoto. A parte referente ao fósforo já foi relatada⁽¹⁾, e nessa ocasião foram apresentados detalhes sobre o plano experimental e sua execução. Aqui serão mencionadas tão somente as produções dos canteiros que, juntamente com superfosfato e cloreto de potássio, receberam salitre do Chile ou sulfato de amônio, as quais, em média dos seis anos, foram respectivamente de 1 151 e 1 222 kg/ha. As produções foram bem mais baixas que nas experiências ante-

(1) NEVES, O. S. & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. VII — Ensaio com diversos adubos fosfatados (1.ª série). *Bragantia* 18:[295]-318. 1959.

riores, o que se atribui ao fato de ter sido a área desta experiência cultivada por 18 anos consecutivos com algodão e, também, à dose empregada de azoto, que parece ter sido muito pequena para um solo cultivado continuamente há tanto tempo. Mas mesmo nessas condições não houve diferença entre os dois adubos azotados, o que, por certo, foi uma consequência da calagem efetuada dois anos antes de ser instalada a experiência.

Há muitos anos que a Seção de Cereais vem conduzindo duas experiências de adubação do milho, uma das quais em Campinas, numa área de terra-roxa-misturada, e a outra em Mococa, em solo massapê-salmourão. Os tratamentos comparados constam de adubações com N, P e K empregados sôzinhos ou em diversas combinações. De N têm sido aplicados anualmente 20 e 40 kg/ha, na forma de sulfato de amônio; de P, 40 e 80 kg/ha de P_2O_5 , na forma de superfosfato; de K, 25 e 50 kg/ha de K_2O , como cloreto. Em fevereiro de 1952, respectivamente após 15 e 11 aplicações anuais nas experiências de Campinas e de Mococa, Catani e Gallo⁽⁸⁾ analisaram amostras superficiais de terra dos canteiros dos seguintes tratamentos: sem adubo, N, P, K, NPK, N(2P)K, NP(2K) e (2N)PK. Como os adubos foram sempre aplicados nos mesmos sulcos dos respectivos canteiros, de cada um destes os citados autores tomaram duas amostras compostas, uma de subamostras colhidas nas linhas de plantas e a outra das tiradas no espaço entre essas linhas.

O superfosfato e o cloreto de potássio praticamente não modificaram o pH dos solos estudados. Por outro lado, dos canteiros sem adubo só foram tomadas amostras das entrelinhas. Assim, pode-se ter uma idéia sumária da influência do sulfato de amônio separando os tratamentos em três grupos: 1) sem N [trats. P e K]; 2) com 1N [trats. N, NPK, N(2P)K e NP(2K)]; 3) com 2N [trat. (2N)PK]. As médias aritméticas desses grupos foram as seguintes:

Experiências de	Localização das amostras	pH (int.) do solo dos canteiros		
		sem N	com 1N	com 2N
Campinas	nas linhas -----	5,74	5,37	5,07
	nas entrelinhas -----	5,74	5,53	5,30
Mococa	nas linhas -----	6,11	5,68	5,52
	nas entrelinhas -----	6,22	6,13	6,00

Vê-se que, nas duas localidades, o uso contínuo do sulfato de amônio fêz baixar o pH do solo, e tanto mais quanto maior foi a dose empregada

(8) CATANI, R. A. & GALLO, J. R. Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo de fertilizantes. *Bragantia* 13: [75]-83. 1954.

dêsse adubo; vê-se ainda que a queda foi relativamente muito maior nas linhas de plantas que nas entrelinhas. Esta última diferença se originou dos fatos de terem sido os adubos aplicados nos sulcos de plantio, que eram sempre abertos nos mesmos lugares, e de se ter procurado, ao efetuar o preparo anual do solo, conservar nas mesmas posições as faixas adubadas desde o início das experiências. Na prática não se tem, nem é preciso ter, êsse cuidado; além disso, a localização dos sulcos, em cada cultura, raramente coincide com a da cultura anterior. Assim, as reduções, no pH do solo, provocadas por doses de sulfato de amônio como as usadas nestas experiências, certamente não seriam, nas condições da prática, tão importantes quanto as acima observadas nas linhas de plantas nem tão pequenas quanto as observadas nas entrelinhas. Quer isso dizer que nas duas experiências, apesar de terem sido conduzidas por 11 e 15 anos, e sem calagem, no conjunto da área a acidificação do solo foi relativamente pequena. Seja como fôr, a tendência foi nítida, mostrando que o problema não deve ser descurado.

Em suma, as observações reunidas na presente nota indicam que, pelo menos em certas zonas do Estado de São Paulo os solos tendem a se acidificar, quer sejam cultivados sem ou com adubos azotados e quer sejam êstes nítricos ou amoniacais. No sentido em aprêço, a diferença entre os adubos nítricos e amoniacais está em que os primeiros geralmente não modificam a marcha da acidificação, ao passo que os últimos a aceleram. Os cátions e ânions de alguns dêsses adubos podem atenuar ou acentuar o rítimo dessa marcha, mas em regra não alteram, de maneira decisiva, a tendência geral para a diminuição do pH. A conseqüência disso é que a calagem, que é o método mais prático e econômico de corrigir a reação dos solos ácidos, e que deve ser feita sempre que necessária, precisa ser repetida com mais freqüência quando se usam adubos amoniacais. O custo do azôto amoniacal é, em regra, bem mais baixo que o do nítrico, comportando, portanto, a despesa com as calagens adicionais. Isso não significa que se deva dar sempre preferência àquela forma de azôto, pois o adubo mais apropriado a cada caso depende também de outros fatores que não a reação do solo. O que se afirma é que esta deve ser mantida em nível satisfatório, e que, agindo nesse sentido, o agricultor fica em condições de obter maiores colheitas e de escolher, tendo em vista outros aspectos da questão, o adubo azotado que mais lhe convenha. SEÇÃO DE ALGODÃO E SEÇÃO DE CEREAIS, INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DE SÃO PAULO.

INFLUENCE OF THE CONTINUOUS USE OF CERTAIN NITROGENOUS
FERTILIZERS ON THE SOIL REACTION

SUMMARY

The authors report partial results obtained in some longterm experiments and show that at least in certain zones of the State of São Paulo there is a tendency for the soils to become more acid. This happens whether they are cropped without or with nitrogenous fertilizers and whether these are applied as ammonia or nitrate-N. In this sense, the difference between the two forms is that nitrate-N does not generally change the march of acidification, whereas ammonia-N hastens appreciably this natural process. Consequently, lime, which should be used in any case, must be applied more often where ammonia-N is employed. The unit of ammonia-N is normally much cheaper, so that it permits the expense with the additional liming. By maintaining the soil reaction at a suitable level, the farmer is enabled to obtain higher yields and to choose, taking into account other factors, the nitrogenous fertilizers that answer the requirements of his farm.