

ADUBAÇÃO DO MILHO

XIII — EFEITO DA MUCUNA, DO CALCÁRIO E DE OUTROS ADUBOS, SOBRE AS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO (*)

G. P. VIÉGAS, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cereais*, H. GARGANTINI, *engenheiro-agrônomo, Seção de Fertilidade do Solo*, e E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo (**)*, Instituto Agronômico

RESUMO

Neste artigo os autores relatam os resultados da análise química dos solos de três ensaios, conduzidos em diferentes localidades do Estado de São Paulo, e nos quais foi estudado principalmente o efeito fertilizante da mucuna preta (*Stizolobium* sp.), intercalada na cultura do milho. Os tratamentos comparados foram: sem adubo; calcário; fósforo e potássio; calcário, fósforo e potássio; mucuna; calcário e mucuna; fósforo, potássio e mucuna; calcário, fósforo, potássio e mucuna. A mucuna foi semeada entre as fileiras do milho, após o início do florescimento deste, sendo incorporada ao solo, de mistura com a palhaça do milho, algumas semanas depois da colheita das espigas. Instalados em 1945-46, os ensaios foram anualmente adubados e plantados até 1954-55.

A análise dos solos, feita após a última colheita, mostrou que o emprêgo do calcário e dos adubos fosfatado e potássico determinou substancial aumento na concentração dos elementos fertilizantes nêles contidos, e que a intercalação da mucuna, embora tenha provocado considerável aumento na produção do milho, não aumentou o teor de matéria orgânica dos solos em aprêço e praticamente não lhes modificou as características químicas estudadas.

1 — INTRODUÇÃO

De 1944-45 a 1954-55 a Seção de Cereais executou uma série de ensaios para estudar o efeito da intercalação da mucuna na cultura contínua do milho, nos quais foram incluídos tratamentos com calcário e adubação com fósforo e potássio. Os resultados obtidos na produção do milho ainda não foram publicados (5). O objetivo do presente trabalho é relatar o estudo, que foi feito em três dêsses ensaios, dos solos tratados diferencialmente.

(*) Recebido para publicação em 19 de junho de 1959.

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

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Para êste estudo foram aproveitados os ensaios localizados nas Estações Experimentais de Pindorama, Capão Bonito e Tatuí, conduzidos respectivamente por 10, 10 e 9 anos.

No quadro 1 se acham a classificação e os resultados da análise granulométrica dos solos utilizados para os ensaios. As características gerais dos tipos de solo em aprêço foram descritas por Paiva e outros (2). Quanto ao plano experimental e sua execução, aqui serão mencionados tão sòmente os dados indispensáveis à interpretação dos resultados obtidos nas análises químicas.

Os tratamentos comparados, em esquema fatorial com quatro repetições, foram os seguintes: (1), **pk**, **c**, **pkc**, **m**, **pkm**, **cm** e **pkcm**, nos quais (1) significa sem adubo; **p**, fósforo; **k**, potássio; **c**, calcário; **m**, mucuna intercalada.

Os ensaios foram instalados em 1945-46 e, salvo o de Tatuí, que sofreu interrupção de um ano, foram anualmente adubados e plantados com milho até 1954-55. Antes de 1951-52 o tratamento **pk** constou de 100 kg/ha de P_2O_5 e 70 kg/ha de K_2O , nas formas de Serranofosfato (com 28 % de P_2O_5 , 6,8 % de K_2O e 30 % de CaO) e cinzas de café (com 6 % de P_2O_5 e 15 % de K_2O). Em 1951-52 as cinzas foram substituídas por cloreto de potássio, ficando o tratamento **pk** com 80 kg/ha de P_2O_5 e 70 kg/ha de K_2O . Finalmente, a partir de 1952-53 usaram-se superfosfato simples e cloreto de potássio, ficando **pk** com 80 kg/ha de P_2O_5 e 50 kg/ha de K_2O .

O tratamento **c** constou sempre de calcário moído (com 30-31 % de CaO), na dose de 500 kg/ha, até 1951-52, e na de 1 000 kg/ha, nos anos seguintes.

Quanto ao tratamento **m**, constou do plantio, entre as fileiras do milho, de uma fileira de mucuna preta (*Stizolobium* sp.), sendo a leguminosa semeada após o início da floração do milho, em regra no decorrer de janeiro. Uma vez colhidas as espigas, passava-se uma grade de discos, para picar os colmos do milho de mistura com as ramas da mucuna. Semanas depois era o terreno arado, assim permanecendo até ser preparado para o plantio seguinte. Nos canteiros sem mucuna a palhaça do milho também era picada e enterrada.

Após a última colheita, a de 1954-55, a palhaça do milho e as ramas da mucuna também foram incorporadas ao solo dos canteiros que as produziram. Esta operação foi efetuada nos últimos dias de

junho, tendo o solo permanecido inulto até a retirada de amostras para a análise, o que foi feito, em Pindorama, Capão Bonito e Tatuí, respectivamente nos dias 5 de novembro, 10 e 20 de setembro.

Para a tomada de amostras utilizou-se o método de amostragem composta, descrito por Catani e outros (1). Em cada canteiro foram feitas, ao acaso, seis perfurações de 15-20 cm de profundidade. As seis subamostras de cada canteiro foram misturadas com as dos canteiros que receberam igual tratamento, de sorte que se obteve, para cada tratamento, uma amostra composta de 24 subamostras.

No laboratório, para o preparo das amostras e a análise química, seguiram-se os métodos descritos por Catani e outros (1), sendo que o carbono foi determinado por via seca e o magnésio, pelo método da 8-hidroxiquinolina. Deve-se acentuar que só foi analisada a "terra fina", isto é, a porção do solo que passou através da peneira com 2 mm de abertura de malha. A análise granulométrica foi feita segundo o método descrito por Paiva e outros (3).

QUADRO 1. — Análise granulométrica e classificação dos solos utilizados para os ensaios de Pindorama, Capão Bonito e Tatuí

Localidade	Tipo de solo	Argila	Limo	Areia grossa	Classificação
		%	%	%	
Pindorama -----	Arenito Bauru	7,5	36,5	56,0	Arenoso
Capão Bonito ----	Glacial	32,5	38,5	29,0	Barrento
Tatuí -----	Terra-roxa-misturada	48,0	33,0	19,0	Argiloso

3 — RESULTADOS OBTIDOS

Antes de entrar no estudo dos solos, convém resumir o efeito dos tratamentos sobre a produção do milho. A resposta à adubação com fósforo mais potássio foi significativa e positiva em Pindorama e Capão Bonito, ao passo que o aumento verificado em Tatuí não alcançou significância. O calcário praticamente não aumentou a produção em qualquer das localidades. A resposta média à mucuna foi significativa e positiva nas três localidades.

No quadro 2 se encontram detalhes da análise química do solo de cada tratamento. Para simplificar, aqui serão comparadas as médias dos quatro tratamentos que receberam e dos quatro que não receberam os fertilizantes ou corretivos em estudo.

QUADRO 2. — Resultados da análise química dos solos utilizados para os ensaios de Pindorama, Capão Bonito e Tatuí, feita respectivamente após 10, 10 e 9 anos de cultura contínua do milho com os tratamentos indicados

Localidades	Tratamentos	pH int.	Relação C/N	Em 100 g de terra fina seca ao ar								
				Teor total		Teor trocável						
				C	N	PO ₄ ⁻⁻⁻ (*)	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	s	H ⁺	i
Pindorama	(1)	6,30	12,7	0,62	0,049	0,03	0,27	2,07	0,24	2,58	1,92	57
	pk	6,50	11,8	0,58	0,049	0,32	0,44	2,47	0,45	3,36	1,52	69
	c	7,00	14,3	0,60	0,042	0,06	0,26	3,22	0,37	3,85	1,12	77
	pkc	7,15	14,3	0,70	0,049	0,45	0,30	3,74	0,41	4,45	1,04	81
	m	6,50	11,8	0,58	0,049	0,09	0,24	1,91	0,37	2,52	2,08	55
	pkm	6,45	12,1	0,68	0,056	0,51	0,49	2,87	0,40	3,76	2,08	64
	cm	6,80	12,2	0,60	0,049	0,09	0,25	3,24	0,44	3,93	1,44	73
	pkcm	7,00	14,3	0,60	0,042	0,47	0,31	3,64	0,44	4,39	1,12	80
Capão Bonito	(1)	5,60	16,5	2,14	0,130	0,04	0,16	1,73	0,74	2,63	6,96	27
	pk	5,60	21,3	2,34	0,110	0,15	0,22	2,73	0,63	3,58	7,28	33
	c	5,65	26,2	2,62	0,100	0,02	0,09	2,85	0,85	3,79	6,96	35
	pkc	5,85	18,3	2,20	0,120	0,14	0,21	4,92	0,90	6,03	6,72	47
	m	5,70	22,9	2,52	0,110	0,03	0,12	2,25	0,76	3,13	7,28	30
	pkm	5,50	18,8	2,44	0,130	0,11	0,15	2,33	0,81	3,29	7,84	30
	cm	6,00	20,2	2,42	0,120	0,08	0,10	4,30	0,97	5,37	6,40	46
	pkcm	6,00	20,5	2,46	0,120	0,12	0,18	3,78	0,82	4,78	6,72	42
Tatuí	(1)	5,80	12,9	1,80	0,140	0,25	0,83	4,64	1,16	6,63	5,44	55
	pk	5,70	14,3	2,00	0,140	0,50	0,83	4,92	1,06	6,81	5,60	55
	c	6,10	12,9	1,72	0,133	0,33	0,73	6,67	1,24	8,64	4,32	67
	pkc	6,10	12,2	1,62	0,133	0,44	0,78	7,16	1,03	8,97	4,48	67
	m	5,30	12,9	1,72	0,133	0,12	0,78	3,51	1,00	5,29	6,32	46
	pkm	5,50	14,1	1,88	0,133	0,48	0,99	8,52	1,06	10,57	6,24	63
	cm	6,25	14,0	1,86	0,133	0,21	0,76	7,38	1,18	9,32	4,08	70
	pkcm	6,70	12,5	1,92	0,154	0,58	0,84	10,45	1,45	12,74	4,00	76

(*) PO₄⁻⁻⁻ fracamente adsorvido.

Assim, os solos dos canteiros sem fósforo e potássio e os dos que receberam êsses elementos fertilizantes apresentaram, respectivamente, as seguintes concentrações de PO_4^{---} fracamente adsorvido por 100 g de terra fina: 0,07 e 0,44 e. mg em Pindorama, 0,04 e 0,13 em Capão Bonito, 0,23 e 0,50 em Tatuí. As concentrações de K^+ trocável foram, respectivamente: 0,25 e 0,39 e. mg em Pindorama, 0,12 e 0,19 em Capão Bonito, 0,77 e 0,86 em Tatuí.

A adubação com fósforo e potássio também influenciou consideravelmente e consistentemente na concentração de Ca^{++} trocável no solo, elevando-a de 2,61 a 3,18 e. mg em Pindorama, de 2,78 a 3,44 em Capão Bonito e de 5,55 a 7,76 em Tatuí; aumentou bastante a soma das bases (s); praticamente não modificou a concentração de H^+ trocável e, finalmente, melhorou a capacidade de troca de cátions e o índice de saturação em bases (i), que passou de 66 para 73 % em Pindorama, de 35 para 38 % em Capão Bonito e de 60 para 66 % em Tatuí. A adubação em aprêço ainda melhorou um pouco o índice pH em Pindorama e Tatuí, mas não o alterou em Capão Bonito. Ela não modificou os teores de carbono e nitrogênio em qualquer das localidades.

Nos tratamentos sem e com calcário as concentrações médias de Ca^{++} trocável no solo foram respectivamente de 2,33 e 3,46 e. mg em Pindorama, 2,26 e 3,96 em Capão Bonito, 5,40 e 7,91 em Tatuí. Na três localidades a adição de calcário também elevou um pouco a concentração de Mg^{++} trocável, aumentou apreciavelmente a soma das bases e diminuiu bastante a concentração de H^+ ; enfim, melhorou a capacidade de troca de cátions e elevou o índice de saturação em bases de 62 para 78 % em Pindorama, de 30 para 43 % em Capão Bonito e de 55 para 70 % em Tatuí. As médias (aritméticas) dos índices pH dos tratamentos sem e com calcário foram respectivamente 6,44 e 6,99 em Pindorama, 5,60 e 5,88 em Capão Bonito, 5,57 e 6,29 em Tatuí. Em nenhuma localidade a aplicação de calcário modificou os teores de carbono e nitrogênio, mas em tôdas elas provocou ligeiro aumento na concentração de PO_4^{---} fracamente adsorvido.

O efeito da intercalação da mucuna geralmente foi pequeno e, sobretudo, não mostrou tendência consistente. Assim é que a leguminosa acentuou ligeiramente a concentração de Mg^{++} em tôdas as localidades; não afetou a de K^+ em Pindorama, reduziu-a um pouco em Capão Bonito e elevou-a, também um pouco, em Tatuí; aumentou

muito a de Ca^{++} em Tatuí, mas não a modificou em Pindorama e Capão Bonito; não influenciou sobre a de H^+ em Capão Bonito e Tatuí, ao passo que a elevou bastante em Pindorama. Disso resultou que os índices de saturação em bases quase não se alteraram: em média dos tratamentos sem e com mucuna eles foram respectivamente de 72 e 68 % em Pindorama, 36 e 37 % em Capão Bonito e 61 e 65 % em Tatuí. Sua influência sobre o índice **pH**, bem como sobre a concentração de PO_4^{---} , também foi muito pequena e irregular. No que toca aos teores de carbono e nitrogênio, a intercalação da mucuna ficou praticamente sem efeito em qualquer das localidades.

4 — DISCUSSÃO

Nas três localidades em estudo a adição de calcário ao solo elevou consideravelmente a concentração de Ca^{++} trocável e um pouco a de Mg^{++} , reduzindo bastante a de H^+ ; em resumo, aumentou apreciavelmente a soma das bases, a capacidade de troca de cátions, o índice de saturação em bases e o índice **pH**. Também provocou ligeiro aumento na concentração de PO_4^{---} , mas não modificou os teores de carbono e de nitrogênio.

A adubação com fósforo e potássio aumentou substancialmente, nas três localidades, a concentração de PO_4^{---} e K^+ . Além disso elevou, apreciável e consistentemente, a de Ca^{++} , bem como a soma das bases, a capacidade de troca de cátions, o índice de saturação em bases e, em duas localidades, o índice **pH**. Por certo devem-se êsses últimos efeitos ao fato do fósforo e do potássio terem sido empregados, na maior parte do período dos ensaios, nas formas básicas de Serranafosfato e cinzas de café. Os teores de nitrogênio e carbono não foram modificados pela adubação em aprêço.

Em regra a influência da intercalação da mucuna sobre as características químicas estudadas foi pequena e não mostrou tendência regular; no que toca aos teores de carbono e nitrogênio, em tôdas as localidades ela foi praticamente nula.

Os efeitos do calcário e da adubação com fósforo e potássio estão, em linhas gerais, de acôrdo com os conhecimentos sobre o assunto, e não necessitam esclarecimentos especiais. O da intercalação da mucuna, isto é, o fato de não ter havido aumento nos teores de carbono e nitrogênio no solo dos canteiros que receberam a legumi-

nosa, requer, porém, alguns comentários, mesmo porque tais resultados estão em contradição com os obtidos na produção.

Para estudar o assunto convém distinguir o efeito imediato da mucuna — ou melhor, o da matéria orgânica rica em nitrogênio que foi incorporada ao solo, sôbre o teor dêste durante o desenvolvimento da cultura seguinte — do seu efeito residual ou acumulação de matéria orgânica no decorrer dos ensaios.

Quanto ao primeiro, deve-se lembrar que só foi analisada a terra fina, excluindo-se, portanto, a matéria orgânica grosseira, ainda não decomposta ou apenas levemente decomposta. Ora, as amostras de solo foram tiradas, em Pindorama, cêrca de quatro meses após o enterrio da palhaça do milho e das ramas da mucuna; mas a terra estava sêca por ocasião do enterrio e, além da temperatura ser baixa, praticamente não choveu nos três meses seguintes, de modo que sômente no último mês (outubro), quando vieram as chuvas e a temperatura se elevou, é que se deve ter ativado a decomposição. A relação **C/N**, de aproximadamente 13, indica que, se houve adição recente de matéria orgânica à terra fina, foi muito pequena. Em Capão Bonito o intervalo enterrio-amostragem foi de 2,5 meses, mas a umidade existente parece ter favorecido a decomposição; de fato, a relação **C/N**, de cêrca de 20, indica adição recente de matéria orgânica no solo analisado. Em Tatuí o intervalo também foi de 2,5 meses, mas aparentemente a pouca umidade reinante retardou a decomposição, tanto que a relação **C/N** do solo se manteve em tôrno de 13. Assim, é muito provável que, pelo menos em duas das três experiências, do material incorporado ao solo após a última colheita do milho, sômente pequena porção tenha sido suficientemente decomposta para tornar-se parte integrante da terra fina.

Quando as condições são favoráveis, os adubos verdes se decompõem rapidamente (4, 6). No nosso clima, sem dúvida a decomposição se torna muito mais ativa a partir do início da estação quente e chuvosa. Semeando-se o milho nessa época, quando êle atinge a fase de maior absorção de nutrientes (a partir de 6-8 semanas de idade), êstes já se acham, em grande parte, em formas prontamente assimiláveis pelas plantas. Isso explica porque, na produção dos ensaios em estudo, em regra foi muito bom o efeito imediato da intercalação da mucuna, efeito que se atribuiu principalmente ao nitrogênio que ela forneceu.

Quanto ao efeito residual, a análise da terra fina revelou que o enterrio da mucuna, repetido por vários anos, praticamente não modificou as características químicas estudadas. E deve-se notar que, além da matéria orgânica da mucuna, os canteiros que a receberam, em vista do maior desenvolvimento do milho, também receberam mais palhaça. Mesmo assim, seu solo não apresentou maior teor de carbono ou de nitrogênio que o dos canteiros sem a leguminosa.

Comparada com a existente no solo, a quantidade de matéria orgânica que se lhe adicionou foi pequena, razão por que se poderia objetar que os métodos de amostragem e análise talvez não fôsem bastante precisos para revelar pequenas diferenças. O fato, porém, é que eles foram suficientes para mostrar consideráveis diferenças nas concentrações de, por exemplo, PO_4^{---} , embora se tenham empregado doses moderadas de fósforo, ao passo que em Pindorama, cujo solo tinha muito pouca matéria orgânica, a adição de boa quantidade de palhaça de milho e ramos de mucuna não alterou os teores de carbono e nitrogênio.

Parece, assim, que a despeito dos ensaios terem sido conduzidos em solos tão diversos, em nenhum deles houve maior acumulação de matéria orgânica nos canteiros com mucuna, isto é, a quantidade adicional de matéria orgânica produzida pela intercalação da mucuna não permaneceu por muito tempo no solo. Aliás, inúmeros autores, entre os quais Russell (4) e Waksman (6), afirmam que, salvo nas regiões frias e temperadas, é muito difícil aumentar-se o teor de húmus no solo por meio de adubação verde.

A verdade, porém, é que nem tôda a matéria orgânica adicionada proveio da mucuna; uma boa porção foi incorporada na forma de colmos, fôlhas e raízes do milho. Isso e outros fatos justificam a suposição de que, mesmo nos canteiros sem mucuna, os teores de matéria orgânica nos solos em estudo já teriam chegado aos seus níveis característicos de equilíbrio com as condições do ambiente e do sistema de cultura (milho contínuo, com devolução da palhaça etc.), níveis êsses que não poderiam ser ultrapassados apreciavelmente, embora se usasse material mais resistente à decomposição que a leguminosa em aprêço. O fato do teor de carbono ser muito pequeno em Pindorama não significa que êle esteja sensivelmente abaixo do referido nível, pois êste, no arenito Bauru, segundo estudo feito por Verdade (1) em amostras tiradas a 0-40 cm de profundidade, gira em

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

tôrno de 0,6 % em terras cultivadas, e de 0,9 % em terras de mata virgem.

Do exposto se conclui que os bons resultados obtidos com a intercalação da mucuna na produção do milho devem ser atribuídos principalmente à elevação temporária do teor de nitrogênio no solo. É bem provável que ela também tenha melhorado suas propriedades físicas e biológicas, mas essas características não foram consideradas no presente estudo.

5 — CONCLUSÕES

Três ensaios de adubação do milho foram conduzidos, por vários anos, em diferentes tipos de solo do Estado de São Paulo. A análise química desses solos, feita após a última colheita, permitiu mostrar as seguintes conseqüências da repetida aplicação de adubos:

a) nos três ensaios a adição de calcário aumentou consideravelmente a concentração de Ca^{++} trocável e um pouco a de Mg^{++} , reduzindo bastante a de H^{+} ; em resumo, provocou apreciável aumento na soma das bases, na capacidade de troca de cátions, no índice de saturação em bases e no índice **pH**, melhorou um pouco a concentração de PO_4^{---} e praticamente não modificou os teores de carbono e nitrogênio;

b) a adubação com fósforo e potássio elevou substancialmente a concentração de PO_4^{---} e K^{+} e também (por certo devido ao uso de Serranafosfato e cinzas de café, adubos básicos) a de Ca^{++} , influenciando favoravelmente na soma das bases, na capacidade de troca de cátions, no índice de saturação em bases e, em dois ensaios, no índice **pH**, mas não provocou alteração sensível nos teores de carbono e nitrogênio;

c) a intercalação da mucuna pouco ou nada modificou as características químicas consideradas no presente estudo, nem mesmo os teores de carbono e nitrogênio; o fato de não ter havido acumulação de matéria orgânica no solo é atribuído à rapidez com que, nas condições em que foram conduzidos os ensaios, o material adicionado se decompôs, rapidez essa que seria, por sua vez, a causa principal do bom efeito imediato, verificado na produção do milho.

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH CORN

XIII — EFFECT OF VELVET BEANS, LIMESTONE AND OTHER FERTILIZERS ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL

SUMMARY

Three fertilizer experiments, designed to study mainly the effect of under-sowing the corn crop with velvet beans (*Stizolobium* sp.), were conducted for several years on different soil types of the State of São Paulo. After the last harvest, composite soil samples were taken from the differently treated plots and analysed. While the limestone as well as the phosphorus and potassium applications increased considerably the concentrations of the nutrients they contain, the under-sowing of velvet beans, although increasing the following corn yields, did not increase the organic matter content of the mentioned soils nor did it practically change the other chemical soil characteristics studied.

LITERATURA CITADA

1. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto agrônomo, 1955. 28 p. (Boletim n.º 69)
2. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., KÜPPER, A. [e outros]. Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. *Brasília* 11:[227]-253. 1951.
3. ———, NASCIMENTO, A. C., KÜPPER, A. [e outros]. Situação atual dos estudos dos solos da Bacia Paraná-Uruguaí, e programa para investigação dos solos da região. Relatório apresentado à Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1955. p. 127-132. [Não publicado]
4. RUSSELL, E. J. Soil conditions and plant growth. 8th ed., recast and rewritten by E. W. Russell. London, Longmans, Green & Co., 1950. 635 p.
5. VIÉGAS, G. P., FREIRE, E. S. & FRAGA, C. G. (júnior). Adubação do milho. Ensaios com mucuna intercalada e adubos minerais. [Em preparo]
6. WAKSMAN, S. A. Humus — Origin, chemical composition, and importance in nature. 2nd ed., London, Baillière, Tindall and Cox, 1938. 526 p.

