

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de S. Paulo

Vol. 29

Campinas, abril de 1970

N.º 13

EFEITO DE ADUBAÇÕES MINERAIS EXCLUSIVAS E CONTÍNUAS SOBRE A FERTILIDADE DO SOLO ⁽¹⁾

COARACY M. FRANCO, *engenheiro-agrônomo, Seção de Fisiologia, Instituto Agrônomo* ⁽²⁾

SINOPSE

Com o objetivo de verificar se o uso contínuo de adubações minerais pesadas, desacompanhadas de adubações orgânicas, poderia prejudicar o solo, foi executado um experimento em vasos "Mitcherlich", com capacidade para 6 kg de terra, nos quais se empregou solo do tipo Podzolizado de Lins e Marília, variação Marília. Nesses vasos foram feitas 10 culturas sucessivas de milho, cujas plantas foram cortadas e pesadas ao atingirem cerca de 80 cm de altura. Os resultados demonstraram que as plantas dos vasos, através dos quais haviam passado quantidades exageradas de adubos minerais, se desenvolveram melhor do que aquelas dos vasos testemunhas.

1 — INTRODUÇÃO

O emprêgo de adubos minerais na agricultura está aumentando de maneira contínua e rápida, como conseqüência do empobrecimento dos solos e do progresso técnico ultimamente alcançado nos setores da nutrição vegetal e da técnica do emprêgo de fertilizantes minerais.

Talvez porque a recomendação do uso exclusivo e contínuo de adubos minerais, principalmente em culturas perenes, como a do cafeeiro, seja coisa recente no País ⁽³⁾, ainda se ouve, frequentemente, palavras de apreensão quanto ao efeito que o emprêgo de doses elevadas de adubos minerais desacompanhados de matéria orgânica possa causar aos solos, após longos anos de aplicação.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 23 de maio de 1969.

⁽²⁾ Atualmente no Instituto Brasileiro do Café.

Com o objetivo de estudar o problema, existe na Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, um ensaio iniciado há mais de um século e onde as adubações minerais exclusivas, aplicadas anualmente, em nada prejudicaram o solo. Ao contrário, estão mostrando resultados muito bons (2).

Entre outros experimentos com o mesmo objetivo e resultados semelhantes, executados em outros países, salientam-se aqueles citados por Thorne (5), com duração de 27 anos em Indiana e 30 anos em Ohio.

Se a adição de matéria orgânica fôsse indispensável para as culturas, o Hawaii não estaria há mais de meio século colhendo mais café por unidade de área do que o Brasil, apesar de empregar apenas adubos minerais, na quantidade de mais de 2 kg/planta/ano (1). Também a Flórida não colheria mais laranjas por planta do que São Paulo, onde está a melhor citricultura brasileira, em seus solos paupérrimos, aplicando apenas adubos minerais na proporção média de 15 kg/planta/ano (4).

Muito embora haja na literatura agrônômica estrangeira evidência mais do que suficiente para não se temer nenhum efeito maléfico dos adubos minerais sobre o solo, mesmo quando empregados anualmente e em doses elevadas, nenhum trabalho nesse sentido havia sido feito em solos brasileiros.

2 — MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido dentro de casa de vegetação, em vasos "Mitcherlich", de 20 cm de diâmetro e capacidade aproximada de seis litros.

O solo empregado foi do tipo Podzolizado de Lins e Marília, variação Marília, sobre o qual se encontra a maior área cultivada do Estado de São Paulo. Foi utilizado solo relativamente pobre, cujas principais características químicas, físicas e mecânicas podem ser vistas nos quadros 2 e 3, nas linhas correspondentes à testemunha (3). Para o enchimento dos vasos utilizou-se terra dos vinte primeiros centímetros de profundidade.

(3) O autor agradece à Seção de Agrogeologia, particularmente ao Eng.º-Agr.º Francisco Grohmann, a realização das análises de solo e sugestões apresentadas.

O ensaio constou de culturas sucessivas de milho, sendo os vasos sempre reenchidos com a mesma terra e fazendo-se adubações minerais pesadas entre cada cultura.

Dado o volume insuficiente dos vasos para permitir a cultura do milho até a frutificação, as plantas foram cortadas após cerca de 30 dias de crescimento e os vasos deixados sem regas, para que a terra secasse. Depois disto a terra foi retirada dos vasos, um a um, peneirada e recolocada no respectivo vaso.

A quantidade de terra trazida do campo para o ensaio foi calculada também para as trocas freqüentes da terra dos vasos testemunhas, nos quais não deveriam ser aplicadas quantidades exageradas de adubos.

A terra foi passada em peneira de 5 milímetros de malha e bem homogenizada antes de terem sido enchidos os vasos. A sobra de terra, destinada aos vasos testemunhas, foi guardada ao abrigo das intempéries.

Seis misturas de adubos minerais incluindo os mais usados na agricultura paulista foram empregadas, com seis repetições.

Para o cálculo da quantidade de adubo a ser colocada em cada vaso, tomou-se por base a adubação recomendada pelo Instituto Agrônomo de Campinas para cafézal cultivado no mesmo solo empregado no experimento, ou seja: N — 200 g, P_2O_5 — 50 g, K_2O — 150 g, por planta. Ocasionalmente adicionou-se também sulfato de magnésio, para fornecer este elemento às plantas.

Considerando-se o diâmetro médio da copa de um bom cafeeiro como sendo de 2,20 metros e o fato de a aplicação de adubos minerais ser feita sob a copa, a área de solo que recebe os adubos é de aproximadamente 3,80 m². Sendo a superfície do vaso de Mitcherlich de 0,031416 m², a quantidade de adubo que deveria ser nêle colocada, para que recebesse quantidade propor-

cional à sua superfície é igual à fração $\frac{0,031416}{3,80}$ da quantidade recebida por um cafeeiro, nas condições de cultura. Esta quantidade foi chamada *dose 1*.

O quadro 1 mostra os adubos empregados e as quantidades colocadas em cada vaso dos diferentes tratamentos, nas culturas sucessivas.

QUADRO 1. — Quantidades de fertilizantes empregadas, em gramas, nos diferentes tratamentos das culturas sucessivas

Cultura	Salitre	Sulfato de amônio	Nitro-cálcio	Ureia	Super-fosfato	Fosfato de Oimda	Cloreto de Potássio	Sulfato de Potássio	Sulfato de Magnésio	Adubo Total
Série A										
1. ^a	51,7	---	---	---	9,4	---	10,3	---	---	---
2. ^a	51,7	---	---	---	9,4	---	10,3	---	---	---
3. ^a	51,7	---	---	---	9,4	---	10,3	---	---	---
4. ^a	51,7	---	---	---	9,4	---	10,3	---	---	---
5. ^a	41,4	---	---	---	7,5	---	8,3	---	---	---
6. ^a	41,4	---	4,0	---	8,5	---	9,3	---	---	---
7. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	0,5	---	0,5	---
8. ^a	---	---	10,0	---	10,0	---	2,5	---	2,5	---
9. ^a	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	1,0	---	1,0	---
Totais	289,6	---	18,0	---	67,6	---	62,8	---	4,0	442,0
Série B										
1. ^a	---	39,4	---	---	9,4	---	10,3	---	---	---
2. ^a	---	39,4	---	---	9,4	---	10,3	---	---	---
3. ^a	---	39,4	---	---	9,4	---	10,3	---	---	---
4. ^a	---	39,4	---	---	9,4	---	10,3	---	---	---
5. ^a	---	31,5	---	---	7,5	---	8,3	---	---	---
6. ^a	---	31,5	4,0	---	8,5	---	9,3	---	---	---
7. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	0,5	---	0,5	---
8. ^a	---	---	10,0	---	10,0	---	2,5	---	2,5	---
9. ^a	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	1,0	---	1,0	---
Totais	---	220,6	18,0	---	67,6	---	62,8	---	4,0	373,0

(continua)

QUADRO 1. — (Continuação)

Cultura	Salitre	Sulfato de amônio	Nitro-cálcio	Uréia	Super-fosfato	Fosfato de Olinda	Cloreto de Potássio	Sulfato de Potássio	Sulfato de Magnésio	Adubo Total
Série C										
1. ^a	---	---	40,4	---	9,4	---	10,3	---	---	---
2. ^a	---	---	40,4	---	9,4	---	10,3	---	---	---
3. ^a	---	---	40,4	---	9,4	---	10,3	---	---	---
4. ^a	---	---	40,4	---	9,4	---	10,3	---	---	---
5. ^a	---	---	32,3	---	7,5	---	8,3	---	---	---
6. ^a	---	---	36,3	---	8,5	---	9,3	---	---	---
7. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	0,5	---	0,5	---
8. ^a	---	---	10,0	---	10,0	---	2,5	---	2,5	---
9. ^a	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	1,0	---	1,0	---
Totais	---	---	244,2	---	67,6	---	62,8	---	4,0	378,6
Série D										
1. ^a	---	---	---	18,0	9,4	---	10,3	---	---	---
2. ^a	---	---	---	18,0	9,4	---	10,3	---	---	---
3. ^a	---	---	---	18,0	9,4	---	10,3	---	---	---
4. ^a	---	---	---	18,0	9,4	---	10,3	---	---	---
5. ^a	---	---	---	14,4	7,5	---	8,3	---	---	---
6. ^a	---	---	4,0	14,4	8,5	---	9,3	---	---	---
7. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	0,5	---	0,5	---
8. ^a	---	---	10,0	---	10,0	---	2,5	---	2,5	---
9. ^a	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	1,0	---	1,0	---
Totais	---	---	18,0	100,8	67,6	---	62,8	---	4,0	253,2

(continua)

QUADRO 1. — (Continuação)

Cultura	Salitre	Sulfato de amônio	Nitro-cálcio	Uréia	Super-fosfato	Fosfato de Olinda	Cloreto de Potássio	Sulfato de Potássio	Sulfato de Magnésio	Adubo Total
Série E										
1. ^a	---	---	40,4	---	9,4	---	---	12,9	---	---
2. ^a	---	---	40,4	---	9,4	---	---	12,9	---	---
3. ^a	---	---	40,4	---	9,4	---	---	12,9	---	---
4. ^a	---	---	40,4	---	9,4	---	---	12,9	---	---
5. ^a	---	---	32,3	---	7,5	---	---	10,3	---	---
6. ^a	---	---	36,3	---	8,5	---	1,0	10,3	---	---
7. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	0,5	---	0,5	---
8. ^a	---	---	10,0	---	10,0	---	2,5	---	2,5	---
9. ^a	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	1,0	---	1,0	---
Totais	---	---	244,2	---	67,5	---	5,0	72,2	4,0	393,0
Série F										
1. ^a	---	---	40,4	---	---	7,4	---	12,9	---	---
2. ^a	---	---	40,4	---	---	7,4	---	12,9	---	---
3. ^a	---	---	40,4	---	---	7,4	---	12,9	---	---
4. ^a	---	---	40,4	---	---	7,4	---	12,9	---	---
5. ^a	---	---	32,3	---	---	5,9	---	10,3	---	---
6. ^a	---	---	36,3	---	1,0	5,9	1,0	10,3	---	---
7. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	0,5	---	0,5	---
8. ^a	---	---	10,0	---	10,0	---	2,5	---	2,5	---
9. ^a	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	1,0	---	1,0	---
Totais	---	---	244,2	---	15,0	41,4	5,0	72,2	4,0	381,8
Test. 10. ^a	---	---	2,0	---	2,0	---	1,0	---	1,0	---

Uma quantidade de adubos quatro vezes maior do que a *dose 1* foi aplicada na superfície da terra dos vasos. Estes foram bem regados, o líquido percolado nas bandejas recolhido e recolocado na superfície da terra dos vasos por várias vezes, durante alguns dias. Depois disto os vasos foram deixados durante alguns dias, para que a terra de seu interior secasse, dando assim condições ideais para que as trocas químicas se efetuassem no solo. A seguir, os vasos foram novamente regados com excesso de água, e o líquido percolado foi eliminado. O solo foi assim lavado por percolações sucessivas, até que uma porção do líquido percolado deixada a evaporar não permitiu perceber a existência de quantidades visíveis de sais. Isso se deu quando haviam passado através dos vasos cerca de 7 litros de água, o que, considerando a superfície dos vasos, de 3,1416 dm², corresponde a 223 milímetros de chuva, ou seja, apenas cerca da sexta parte da quantidade anual de chuva que cai normalmente sobre o município de Campinas. Portanto, nas condições de campo, as adubações anuais são ainda mais intensamente lavadas pelas chuvas.

Depois de alguns dias desse tratamento, quando a terra dos vasos já não se achava enxarcada, três sementes de milho foram semeadas em cada vaso. Quando as plantinhas atingiram cerca de 8 cm de altura, praticou-se o desbaste, deixando-se uma planta por vaso, e esparramou-se na superfície da terra uma *dose 1* de adubos. Desde então, até a cultura ser dada por terminada, as regas foram feitas quando necessárias e o líquido percolado reposto na superfície da terra.

As plantas foram pesadas e eliminadas quando atingiram cerca de 80 cm de altura, e os vasos novamente preparados, da maneira já descrita, para a cultura seguinte.

Essa técnica foi seguida até a 5.^a cultura, quando foi notado que as plantas do tratamento que recebia sulfato de amônio e do que recebia salitre do Chile mostravam-se afetadas em seu desenvolvimento. Por isso, na 6.^a cultura, a adubação para o desenvolvimento das plantas foi idêntica em todos os vasos do experimento e constituiu de nitrocálcio (4,0 g), superfosfato (1,0 g) e cloreto de potássio (1,0 g).

Na 7.^a cultura essa mesma mistura de adubos foi empregada, porém nas seguintes proporções: nitrocálcio, 2,0 g; superfosfato, 2,0 g; cloreto de potássio, 0,5 g. Acrescentou-se além disso 0,5 g de sulfato de magnésio por vaso.

Para a 8.^a cultura a terra recebeu a mesma mistura de adubos, porém em quantidades bem maiores, e após a lavagem da terra por percolação as plantas foram semeadas sem receberem mais adubação alguma, para que se pudesse observar melhor e comparativamente o efeito residual das diferentes adubações.

Como o desenvolvimento das plantas do tratamento *B* mostrou-se exagerado em relação às outras, sugerindo que a lavagem do solo não havia sido suficiente, a terra foi lavada com mais cuidado e fêz-se uma 9.^a cultura sem adubação alguma.

Depois de terem sido as plantas cortadas e pesadas, foi feita uma 10.^a cultura, usando-se a mesma técnica de preparo da terra, porém empregando-se apenas uma adubação normal e constituída da seguinte mistura: nitrocálcio, 2,0 g; superfosfato, 2,0 g; cloreto de potássio, 1,0 g; sulfato de magnésio, 1,0 g.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos vasos de "Mitcherlich" as condições eram muito mais propícias para a manifestação de um possível efeito prejudicial dos fertilizantes minerais sôbre o solo do que nas condições de cultura, já que naqueles o contato entre os adubos e as raízes era muito mais perfeito.

Deve-se considerar que no experimento em discussão 6 quilogramas de terra receberam quantidade total de até 441,9 gramas de fertilizantes minerais, como foi o caso do tratamento *A*. Nas condições de campo em geral recomendadas um cafeeiro ocupa uma área de 8 metros quadrados e suas raízes exploram bem o solo até pelo menos 1,5 metro de profundidade, ou seja, aproximadamente 12 toneladas de terra. Então, para que o solo no campo recebesse um tratamento tão drástico quanto o do experimento, seria preciso que na área de 8 metros quadrados ocupada pelo cafeeiro se aplicassem adubações minerais perfazendo ao fim de 10 anos um total de 884 quilogramas por planta ou ainda 110,5 quilogramas por metro quadrado.

Apesar disso, no experimento, o solo foi até melhorado pelos tratamentos, o que se torna evidente na figura 1, a qual mostra que o desenvolvimento das plantas em qualquer dos tratamentos foi superior ao dos testemunhas, tanto na 9.^a cultura, feita nos solos apenas lavados, sem nenhuma adubação, quanto na 10.^a cultura, na qual se fêz adubação única e normal.

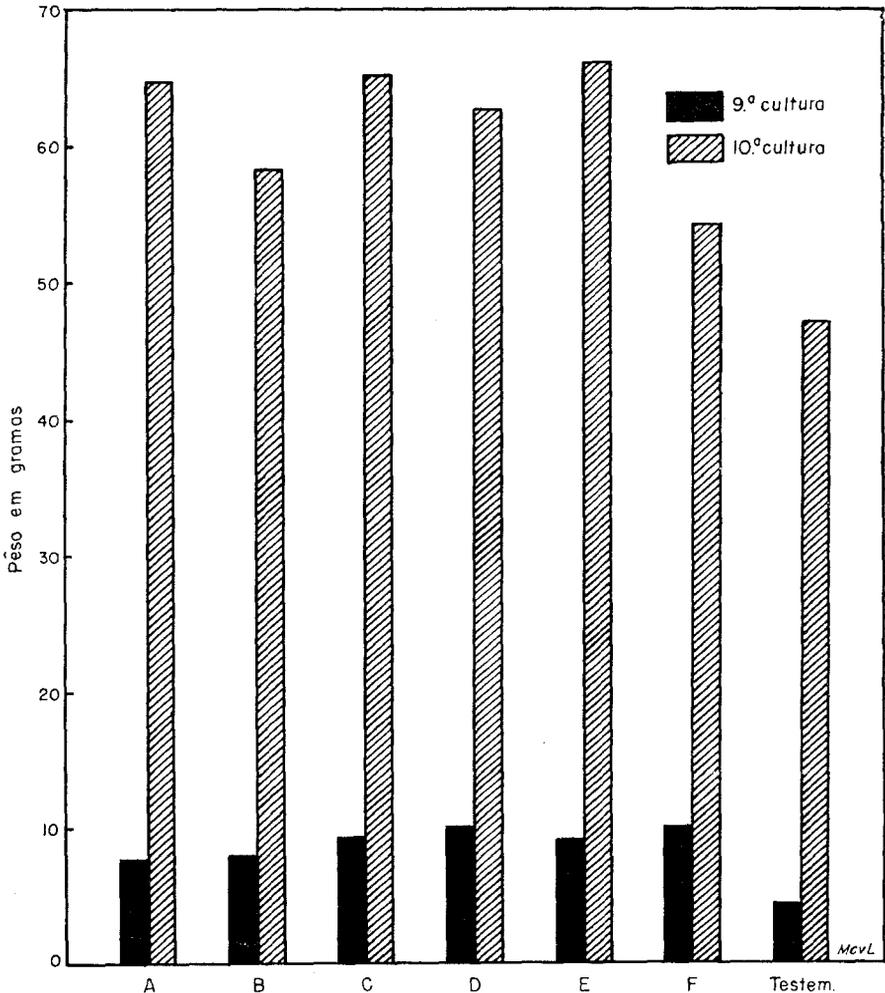


Figura 1. — Pêso das partes aéreas das plantas cultivadas nos vasos que receberam anteriormente diferentes adubações pesadas. Antes da 9.ª cultura o solo foi apenas bem lavado. Para a 10.ª cultura os vasos receberam adubações iguais e normais.

A figura 2 mostra as plantas que mais se aproximavam do desenvolvimento médio do tratamento ao se terminar o ensaio.

O desenvolvimento inicial abaixo do normal, das plantas dos tratamentos B, que recebiam sulfato de amônio, parece ter sido devido à alteração acentuada do pH do solo, que foi encontrado entre 3,8 e 4,1, ao passo que nos vasos testemunhas variou entre 5,5 e 5,7.



Figura 2. — Os diferentes tratamentos estão representados pela planta que mais se aproximava do desenvolvimento médio do tratamento, ao terminar o ensaio. Da esquerda para a direita: testemunha e os tratamentos de A a F.

Embora melhores do que as plantas do tratamento B, aquelas do tratamento A, que recebiam salitre do Chile, também se apresentavam deficientes quanto ao desenvolvimento. Para isso pode ter concorrido não somente a elevação do pH a níveis entre 6,3 e 6,8, mas também, talvez, um resíduo de Na deixado no solo.

O pH do solo dos diferentes tratamentos, ao ser terminado o ensaio, pode ser visto no quadro 2. Vê-se que após os tratamentos A e B terem deixado de receber salitre do Chile e sulfato de amônio, respectivamente, e passado a receber nitrocálcio, o pH da terra voltou a níveis normais.

O exame do quadro 2 mostra ainda que os teores de C e de N não sofreram alteração em consequência das adubações drásticas a que foram submetidos os solos dos diferentes tratamentos. É interessante notar pois que o teor de matéria orgânica não se reduziu, apesar de ter o solo recebido apenas fertilizantes minerais durante toda a duração do ensaio.

Os teores de cálcio e magnésio da terra que recebeu doses grandes de sulfato de amônio estavam no fim do ensaio abaixo daqueles da terra testemunha, mostrando que aquele adubo solubilizou e arrastou uma parte daqueles elementos.

QUADRO 2. — Características químicas do solo usado no experimento, ao fim do ensaio

Tratamento	Acidez pH	Teor total em gramas		Teor trocável em e.mg/100 g de solo			Teor solúvel em oxalato de K e ác. oxálico N, em e.mg/100 g de solo
		C	N	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	PO ₄ ⁻³
A	5,8 - 6,3 ..	0,40	0,05	4,16	0,54	0,51	3,65
B	5,0 - 5,2 ..	0,46	0,06	2,34	0,12	0,10	4,52
C	6,4 - 6,8 ..	0,53	0,06	8,04	2,41	0,16	3,86
D	5,6 - 6,0 ..	0,42	0,05	3,77	0,29	0,38	3,59
E	6,5 - 6,7 ..	0,48	0,06	7,76	1,85	0,12	4,15
F	6,9 - 7,1 ..	0,49	0,06	9,83	1,06	0,46	3,13
Test.	5,3 - 5,7 ..	0,48	0,06	3,04	0,60	0,03	0,45

Esse fato está muito mais visível no caso do magnésio (quadro 2). É possível que os teores desses elementos naquele tratamento estivessem ainda mais baixos por ocasião da 5.^a cultura, quando o pH do solo se achava muito baixo, mas naquela ocasião não foi feita análise da terra, o que somente teve lugar ao se terminar o ensaio.

Parece ainda, pelos dados constantes do quadro 2, que o emprego de doses grandes de uréia também resultou na redução do teor de magnésio do solo.

O teor de potássio da terra após o experimento achava-se grandemente aumentado em todos os casos, especialmente nos tratamentos que receberam doses grandes das seguintes misturas minerais: salitre do Chile + superfosfato + cloreto de potássio (tratamento A), nitrocálcio + fosfato de Olinda + sulfato de potássio (tratamento F) e uréia + superfosfato + cloreto de potássio (tratamento D).

De maneira geral, houve um considerável enriquecimento do solo em elementos minerais, nos vasos pelos quais passaram grandes quantidades de adubos minerais, o que explica o melhor desenvolvimento das plantas naqueles vasos.

Os diversos adubos utilizados influenciaram diferentemente a fração argila do solo original, provocando maior ou menor flocculação nos diversos tratamentos. Por essa razão as porcentagens da fração limo variou bastante em relação à testemunha, como se pode observar no quadro 3.

QUADRO 3. — Características físicas do solo usado no experimento, ao fim do ensaio

Tratamento	Argila	Limo	Areia fina	Areia grossa	Capacidade de campo	Umidade equivalente	Ponto de murchamento	Água disponível
	%	%	%	%	%	%	%	%
A	13,4	8,8	44,8	53,0	17,0	11,0	4,9	12,0
B	16,7	4,6	47,2	31,5	18,0	11,0	4,9	13,0
C	11,0	10,4	52,1	26,5	17,6	11,0	5,4	12,1
D	13,2	7,7	54,1	25,0	17,3	11,0	5,1	12,1
E	10,4	10,1	50,0	29,5	17,6	11,4	5,5	12,0
F	11,8	13,9	45,8	28,5	17,6	11,5	5,1	12,4
Test.	17,6	4,0	48,4	30,0	18,0	11,6	5,7	12,3

As características de umidade do solo não foram influenciadas pelos tratamentos (quadro 3).

4 — CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o emprêgo exclusivo e contínuo de doses exageradamente grandes de fertilizantes minerais não prejudicou o solo empregado no experimento. Ao contrário, a sua fertilidade foi melhorada, o que se evidenciou pelo melhor desenvolvimento das plantas dos tratamentos em relação às testemunhas. A análise química confirmou esta conclusão, mostrando que o teor em elementos nutritivos do solo, de maneira geral, aumentou consideravelmente.

EFFECT OF EXCLUSIVE AND CONTINUOUS APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON THE FERTILITY OF A SOIL

SUMMARY

Although largely employed for economical reasons, it has been suggested that a continuous and exclusive application of mineral fertilizers is deleterious to coffee plantation.

To investigate such a possibility, an experiment was carried out in Mitcherlich pots filled with Podzolized soil on Calcareous Sandstone, Marilia variation, which is one of the most commonly used soil for coffee. Ten plantings of corn, used as indicator plants, were made successively in these pots. Plants were harvested when about 80 cm high, and after each harvesting the soil of individual pot was removed, sifted, replaced and heavily fertilized. Prior to new planting, the soil was well watered, dried, then excess of salts being removed by a generous supply of water. A balanced mixture of fertilizer was applied to the plants, as done normally in field cultures.

At the end of the experiment, each pot has received a maximum of 440 g of mineral fertilizer which is equivalent to ca. 880 kg of fertilizer applied to an individual coffee plant, under field conditions, in a period of 10 years. Such amount represents roughly a hundredfold dose usually recommended for coffee crop.

Nevertheless, corn planted in soils treated with such heavy excess of mineral fertilizer, grew better than those cultivated in control pots. These received only normal level of fertilizers, and had the soil replaced several times during the experiment.

LITERATURA CITADA

1. ANTUNES FILHO, H. O café no Hawai. Bol. Supta. Serv. Café, S. Paulo 32(370):8-10, 1957.
2. BEAR, F. E. Organic matter. In: Soils and fertilizers. New York, John Wiley, 1953. p.165-180.
3. FRANCO, C. M. et alii. Manutenção de cafézal com adubação exclusivamente mineral. Bragantia 19:523-546, 1960.
4. MOREIRA, S. Citricultura norte-americana. A adubação das laranjeiras. Campinas, Instituto Agronômico, 1953. (Conferência proferida no Instituto Agronômico, em abril de 1953. Não publicada)
5. THORNE, C. E. The function of organic matter in the soil. J. Amer. Soc. Agron. 18:767-793, 1926.