

ADUBAÇÃO DO MILHO

XXIV — RESULTADOS DE UM ENSAIO PERMANENTE COM ESTÊRCO, CALCÁRIO E NPK MINERAL (1)

L. T. MIRANDA, G. P. VIÉGas, *engenheiros-agrônomoS, Seção de Cereais*, e E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo (2), Instituto Agrônômico*

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados dos nove primeiros anos de um ensaio de adubação do milho instalado em terra-roxa-misturada da Estação Experimental «Theodureto de Camargo», Campinas, no qual foram estudados, em esquema fatorial, três níveis de estêrco, três de calcário e três de NPK mineral. De estêrco, usaram-se 0, 10 e 20 t/ha; de NPK, 0, 60-60-30 e 120-120-60 kg/ha de N—P₂O₅—K₂O. Esses adubos foram empregados anualmente. O calcário só foi aplicado em dois anos: no primeiro, 2 e 4 t/ha; no terceiro, 2 e 0,85 t/ha.

As produções foram geralmente boas e, em média dos tratamentos, tenderam a crescer no decorrer do ensaio, o que se atribui à acumulação de resíduos das consecutivas adubações e ao uso de híbridos cada vez mais produtivos.

Embora tendesse a melhorar um pouco nos últimos anos, o efeito médio da calagem foi nulo, mas sua interação com NPK foi significativa e positiva: respectivamente na ausência e na presença de NPK, as respostas ao corretivo corresponderam a -205 e +204 kg/ha.

A reação ao estêrco foi linear e mais ou menos constante no decorrer do período estudado. A interação com NPK foi significativa e negativa: tendo seu efeito médio alcançado +1.340 kg/ha na ausência de NPK, na presença desta adubação baixou para apenas +443 kg/ha.

No conjunto do período relatado, o efeito de NPK foi altamente significativo. Conquanto do tipo parabólico, a curva das produções ainda era ascendente quando se usou a dose 2. Do que se disse linhas atrás, deduz-se que a presença do calcário aumentou e a do estêrco diminuiu o efeito de NPK. A resposta a NPK baixou de +1.904 kg/ha, na ausência, para +1.007 kg/ha na presença do estêrco. Todavia, as produções cresceram sempre que se aumentaram as doses totais de nutrientes. As médias citadas não representam bem o efeito de NPK, pois sua interação com anos, altamente significativa, mostrou que êle aumentou no decorrer do ensaio.

(1) Trabalho apresentado na XV Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Campinas de 7 a 13 de julho de 1963. Os dados meteorológicos foram fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola. O estêrco foi analisado na Seção de Fertilidade do Solo; o solo, nessa Seção, ao ser iniciado o ensaio, e na de Química Mineral, no término do período estudado. Recebido para publicação a 24 de fevereiro de 1964.

(2) Contratado pelo Conselho Nacional de Pesquisas, para colaborar com técnicos do Instituto Agrônômico. Sua colaboração no presente trabalho foi prestada na apresentação e interpretação dos resultados obtidos.

Os autores também estudaram a influência dos tratamentos sobre algumas características das plantas e das espigas, e sobre as propriedades químicas do solo, tendo, ainda, calculado as doses mais lucrativas da adubação com NPK para duas relações entre os preços dos adubos e do milho.

1 — INTRODUÇÃO

No ano agrícola 1953-54, foi instalado, na Estação Experimental «Theodoreto de Camargo», Campinas, um ensaio para estudar o efeito, sobre a produção do milho cultivado continuamente, do estêrco, do calcário e de uma adubação mineral com NPK. O objetivo do presente trabalho é apresentar os resultados obtidos até 1961-62.

2 — PLANO EXPERIMENTAL E EXECUÇÃO

O esquema experimental consta de um fatorial 3³ para estêrco (E), calcário (C) e adubação mineral NPK (M), com confundimento de dois graus de liberdade da interação tripla.

No período estudado (1953-54 a 1961-62), as doses 1 e 2 de estêrco corresponderam, respectivamente, a 10 e 20 t/ha; as de NPK, a 60-60-30 e 120-120-60 kg/ha de N—P₂O₅—K₂O. Esses adubos foram aplicados todos os anos. Quanto ao calcário, que só foi empregado em 1953 e 1955, suas doses 1 e 2 constaram, no primeiro ano, de 2.000 e 4.000 kg/ha; em 1955, a dose 1 também foi de 2.000 kg/ha, mas, a dose 2 reduziu-se a 850 kg/ha, com o propósito de manter o pH em torno de 6,5.

O estêrco utilizado tinha, em média, 48% de umidade, 0,76% de N, 0,26% de P₂O₅, 0,57% de K₂O, 0,84% de CaO e 0,30% de MgO; o calcário, 30,9% de CaO. O nitrogênio, o fósforo e o potássio da adubação mineral foram empregados, respectivamente, nas formas de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio.

O calcário foi aplicado a lanço, alguns dias antes da sementeação, sendo incorporado ao solo mediante gradeação. O estêrco também foi distribuído uniformemente em toda a área dos respectivos canteiros, após a abertura dos sulcos de plantio. O fósforo, o potássio e 1/5 das doses de nitrogênio foram empregados em sulcos, na ocasião da sementeação, efetuando-se esta em pequenos sulcos, abertos com enxada, em um dos taludes dos sulcos adubados, de maneira que as sementes ficassem cerca de 5 cm ao lado e acima do nível da faixa adubada. A parte res-

tante das doses de nitrogênio foi aplicada em cobertura, quando o milho tinha 40 a 50 dias de idade.

Os canteiros tiveram cinco linhas de 10 m de comprimento e espaçadas de 1 m, sendo utilizadas, para observações e colheita, somente as três fileiras centrais ou 30 m². Nas linhas, as covas ficaram distanciadas de 0,40 m e receberam quatro sementes, para deixarem-se, no desbaste, duas plantas por cova.

Do primeiro ano para o último plantaram-se, sucessivamente, os híbridos e variedades Hmd, 4624 Hd 3531, Hmd 4624, Hmd 3330, Asteca, Hd 7504, Hmd 6999, Hmd 6999-A e Hmd 6999-B. Em regra, procurou-se usar o melhor material disponível na ocasião.

Nos diversos anos, efetuou-se a sementeação entre 12 de outubro e 4 de novembro. Em 1957-58, contudo, devido a severo ataque de lagartas, todo o ensaio teve que ser plantado novamente, a 27 de novembro. O desbaste foi feito quando as plantas tinham 20 a 25 dias de idade.

Colheram-se somente as espigas, que foram pesadas depois de despalhadas. O peso dos grãos e o rendimento foram determinados separadamente para cada canteiro. Colhidas as espigas, passava-se uma grade de discos, para picar a palhaça e misturá-la parcialmente com o solo. Sua incorporação definitiva ao terreno era feita com a aração da primavera.

Instalou-se o ensaio em uma área de terra-roxa-misturada, série Chapadão, sofrivelmente fértil, e que vinha sendo utilizada, há vários anos, para culturas de algodão e milho, sem adubação.

Ao ser instalado o ensaio, esse solo tinha pH = 5,6, 2,00% de C, 0,13% de N e, em e.mg por 100 g de solo seco, 0,07 de PO₄⁻³ solúvel em H₂SO₄ 0,05 N, bem como 0,20 de K⁺, 3,40 de Ca⁺⁺, 0,85 de Mg⁺⁺ e 5,85 de H⁺ trocáveis.

Para verificar o efeito dos tratamentos sobre as propriedades químicas do solo, foi tirada, com trado, de cada canteiro, uma amostra composta de seis subamostras, em setembro de 1962. Os resultados serão apresentados no capítulo 3.

No conjunto do período estudado, as quantidades mensais de chuva, registradas pelo pôsto pluviométrico da Estação Experimental «Theodoreto de Camargo», foram sensivelmente iguais às normais de 22 anos aí registradas. Em relação a estas, as deficiências mais importantes foram observadas em novembro de 1954-55, novembro e janeiro de

1955-56, novembro e dezembro de 1956-57, dezembro e fevereiro de 1958-59 e janeiro de 1961-62; grande excesso de chuva só ocorreu em dezembro de 1960-61, quando caíram 448 mm.

Nas linhas seguintes, os tratamentos individuais serão representados por números de três algarismos, que indicarão, sucessivamente, os níveis (0, 1 e 2) de estêrco, calcário e NPK mineral.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 — VEGETAÇÃO

De modo geral, a germinação processou-se satisfatoriamente, e, a não ser em 1956-57 e 1957-58, o «stand» final médio oscilou entre 81 e 89% do «stand» perfeito. Em 1956-57, a média baixou para 64%, em consequência do ataque de lagartas na fase inicial da cultura. Em 1957-58, houve nova infestação de lagartas pouco depois da germinação, o que obrigou a plantar-se todo o ensaio pela segunda vez, em fins de novembro; a germinação foi baixa e o «stand» final ficou reduzido a 56%. Nesses dois anos, as plantas que chegaram à colheita corresponderam, respectivamente, a 32.000 e 27.900 por hectare; nos demais, porém, as populações variaram entre 40.300 e 44.350 plantas por hectare.

Tanto na média do período relatado como nos diversos anos, exceto em 1957-58, não se observaram diferenças importantes entre os «stands» finais dos tratamentos estudados. Em 1957-58, além de geralmente baixos, os «stands» variaram muito, mas sem relação consistente com os tratamentos. Deve-se registrar, ainda, que o aspecto da vegetação, nos tratamentos em que o calcário foi empregado sozinho (010 e 020), em quase todos os anos, era sensivelmente inferior ao daqueles que não receberam o corretivo, inclusive ao do tratamento 000.

3.2 — PRODUÇÃO DE GRÃOS

As produções de grãos encontram-se no quadro 1. Em média de todos os tratamentos elas variaram entre 2.970 e 3.879 kg/ha, nos cinco primeiros anos, e entre 4.068 e 5.496 kg/ha, nos quatro últimos. No primeiro período, as menores produções foram observadas em 1955-56 e 1957-58. Em 1955-56 houve deficiência de umidade no começo

em esquema fatorial 3³, os níveis 0, 1 e 2 de estêrco de cocheira (E), de calcário (C) e de NPK mineral (M)

| Níveis de E, C e M | Anos | | | | | | | | | | | Médias |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|--|--------|
| | 1953-54 | 1954-55 | 1955-56 | 1956-57 | 1957-58 | 1958-59 | 1959-60 | 1960-61 | 1961-62 | | | |
| 000 | 3.087 | 2.320 | 1.833 | 2.797 | 1.973 | 2.433 | 3.020 | 1.933 | 3.173 | 2.510 | | |
| 001 | 3.466 | 3.380 | 2.973 | 3.600 | 2.810 | 3.433 | 5.250 | 3.750 | 4.667 | 3.703 | | |
| 002 | 3.300 | 4.567 | 3.180 | 3.850 | 3.127 | 3.813 | 6.683 | 4.850 | 5.000 | 4.263 | | |
| 010 | 3.220 | 1.833 | 1.840 | 2.200 | 557 | 2.220 | 2.487 | 1.750 | 2.633 | 2.082 | | |
| 011 | 2.793 | 3.900 | 2.887 | 4.250 | 3.013 | 3.287 | 5.317 | 3.933 | 4.000 | 3.709 | | |
| 012 | 3.707 | 4.140 | 3.080 | 4.450 | 3.617 | 3.693 | 6.100 | 5.467 | 4.813 | 4.341 | | |
| 020 | 1.780 | 2.133 | 2.267 | 1.993 | 1.350 | 2.233 | 2.613 | 2.100 | 2.480 | 2.106 | | |
| 021 | 3.447 | 3.780 | 3.200 | 3.777 | 3.423 | 3.720 | 5.700 | 4.150 | 4.967 | 4.018 | | |
| 022 | 3.880 | 4.900 | 3.167 | 4.990 | 3.390 | 4.427 | 6.433 | 6.267 | 5.633 | 4.787 | | |
| 100 | 3.187 | 2.933 | 2.847 | 3.603 | 2.700 | 3.853 | 4.500 | 3.033 | 4.113 | 3.419 | | |
| 101 | 4.033 | 3.600 | 2.147 | 3.600 | 4.357 | 4.233 | 4.650 | 4.217 | 4.333 | 3.908 | | |
| 102 | 4.220 | 4.580 | 3.780 | 3.810 | 2.320 | 4.853 | 6.350 | 4.833 | 5.100 | 4.427 | | |
| 110 | 3.447 | 3.333 | 2.953 | 3.123 | 2.367 | 3.173 | 3.853 | 2.583 | 3.000 | 3.093 | | |
| 111 | 4.407 | 3.980 | 3.193 | 4.563 | 1.690 | 4.487 | 6.217 | 4.517 | 4.800 | 4.206 | | |
| 112 | 4.333 | 4.887 | 3.707 | 4.737 | 4.697 | 4.587 | 6.800 | 5.733 | 6.133 | 5.068 | | |
| 120 | 4.100 | 3.133 | 2.347 | 2.917 | 2.423 | 4.187 | 4.607 | 3.627 | 3.900 | 3.471 | | |
| 121 | 3.960 | 3.953 | 3.420 | 3.983 | 2.233 | 4.840 | 6.250 | 4.867 | 5.267 | 4.308 | | |
| 122 | 4.167 | 4.667 | 3.540 | 4.583 | 4.013 | 4.907 | 6.317 | 5.900 | 4.400 | 4.721 | | |
| 200 | 4.893 | 3.933 | 3.047 | 3.023 | 2.290 | 4.573 | 5.600 | 3.533 | 3.867 | 3.862 | | |
| 201 | 4.667 | 4.547 | 3.087 | 3.583 | 3.907 | 4.793 | 6.433 | 4.950 | 5.607 | 4.619 | | |
| 202 | 3.667 | 4.873 | 3.633 | 4.650 | 4.220 | 4.733 | 7.117 | 5.267 | 5.533 | 4.855 | | |
| 210 | 4.287 | 3.987 | 3.520 | 3.877 | 2.600 | 4.267 | 4.307 | 3.933 | 4.433 | 3.912 | | |
| 211 | 4.300 | 4.353 | 3.933 | 4.017 | 2.957 | 4.953 | 6.600 | 6.317 | 6.167 | 4.833 | | |
| 212 | 4.720 | 4.567 | 3.827 | 4.223 | 4.850 | 4.567 | 6.900 | 5.800 | 5.333 | 4.976 | | |
| 220 | 3.507 | 3.600 | 3.033 | 3.123 | 2.000 | 4.333 | 4.983 | 3.833 | 4.733 | 3.683 | | |
| 221 | 4.667 | 4.953 | 2.787 | 4.090 | 3.403 | 4.935 | 5.700 | 5.000 | 4.567 | 4.456 | | |
| 222 | 4.673 | 3.913 | 3.853 | 3.430 | 3.917 | 4.293 | 7.600 | 4.100 | 5.433 | 4.579 | | |
| Médias | 3.849 | 3.879 | 3.078 | 3.735 | 2.970 | 4.068 | 5.496 | 4.305 | 4.592 | 3.997 | | |

QUADRO 2. — Ensaio permanente de adubação do milho em Campinas. Análise da variância, em t/ha, do conjunto das produções de nove anos mencionadas no quadro 1

| F. V. | S. Q. | G. L. | Q. M. | F |
|-----------------------------|----------|-------|---------|----------|
| Total | 343,2879 | 242 | ----- | ----- |
| E_L | 34,1597 | 1 | 34,1597 | 65,41*** |
| E_Q | 0,6337 | 1 | 0,6337 | 4,91 |
| C_L | 0,1593 | 1 | 0,1593 | 1,53 |
| C_Q | 0,0095 | 1 | 0,0095 | 0,05 |
| M_L | 96,4198 | 1 | 96,4198 | 43,36*** |
| M_Q | 4,8121 | 1 | 4,8121 | 28,34*** |
| $E_L \times C_L$ | 0,8374 | 1 | 0,8374 | 13,57** |
| $C_L \times M_L$ | 0,8640 | 1 | 0,8640 | 5,73* |
| $E_L \times M_L$ | 10,5094 | 1 | 10,5094 | 30,57*** |
| Anos | 126,9572 | 8 | 15,8696 | 72,17* |
| $E_L \times$ Anos | 4,1774 | 8 | 0,5222 | 2,37* |
| $E_Q \times$ Anos | 1,0331 | 8 | 0,1291 | 0,59 |
| $C_L \times$ Anos | 0,8340 | 8 | 0,1042 | 0,47 |
| $C_Q \times$ Anos | 1,5952 | 8 | 0,1994 | 0,91 |
| $M_L \times$ Anos | 17,7916 | 8 | 2,2239 | 10,11*** |
| $M_Q \times$ Anos | 1,3581 | 8 | 0,1698 | 0,77 |
| $E_L C_L \times$ Anos | 0,4954 | 8 | 0,0617 | 0,28 |
| $C_L M_L \times$ Anos | 1,2067 | 8 | 0,1508 | 0,69 |
| $E_L M_L \times$ Anos | 2,7505 | 8 | 0,3438 | 1,56 |
| Blocos dentro anos | 6,9992 | 18 | 0,3888 | 1,77 |
| Erro | 29,6866 | 135 | 0,2199 | ----- |

Quadro 3. — Ensaio permanente de adubação do milho em Campinas. Itens essenciais, expressos em kg/ha de grãos, da análise estatística das produções anuais mencionadas no quadro 1

| Anos | E _L | E _Q | C _L | C _Q | M _L | M _Q | E _L C _L | C _L M _L | E _L M _L | b _o |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| 1953-54 | +594*** | -202 | -19 | -96 | +286** | -184 | +31 | +276* | -202 | 4.171 |
| 1954-55 | +432*** | -25 | +2 | -12 | +773*** | -255 | -119 | -18 | +458** | 4.073 |
| 1955-56 | +348** | -39 | +59 | -206 | +448*** | +12 | -62 | +6 | -147 | 3.233 |
| 1956-57 | +117 | -217 | +21 | -305 | +671*** | -308 | -93 | -173 | -335* | 4.288 |
| 1957-58 | +383 | -11 | -87 | +63 | +883*** | -176 | -112 | +237 | -13 | 3.053 |
| 1958-59 | +677*** | -420*** | -66 | +227 | +478*** | -345** | -104 | +28 | -386*** | 4.426 |
| 1959-60 | +647 | -14 | +33 | +146 | +1352*** | -443 | -55 | +93 | -363* | 5.704 |
| 1960-61 | +474** | -94 | +194 | -214 | +1217*** | -494* | -234 | +21 | -577** | 4.840 |
| 1961-62 | +456*** | +47 | -1 | +21 | +836*** | -494** | -43 | -11 | -327** | 4.876 |
| Médias | +459*** | -108 | +31 | -42 | +771*** | -299*** | -88** | +89* | -312*** | 4.296 |

da vegetação (novembro) e na época da floração e granação (janeiro-fevereiro); em 1957-58, conforme já assinalado, a sementeação teve que ser feita tardiamente e, além disso, o «stand» final médio só alcançou 56%. Embora em três ou quatro anos do segundo período, também ocorressem adversidades meteorológicas, as produções foram altas, para o que, certamente, contribuíram a acumulação de resíduos das adubações anteriores e o uso de híbridos cada vez mais produtivos.

A análise da variância do conjunto dos nove anos relatados se acha no quadro 2; os efeitos anuais e outros itens da análise no quadro 3.

A parte 1957-58, nos outros anos o coeficiente de variação oscilou entre 6,1 e 12,7%. Em 1957-58 atingiu 28%, provavelmente devido à sementeação tardia e às irregularidades na germinação e nos «stands» finais. Mesmo assim, no conjunto dos nove anos não ultrapassou 11,7%.

Efeito do calcário — O efeito médio do calcário (C) não foi significativo, quer em cada ano quer no conjunto do período estudado. Sua interação com anos também não foi significativa; observou-se, contudo, ligeira tendência para o corretivo reagir favoravelmente no fim do período.

No conjunto dos nove anos, a interação com o estêrco ($C_L \times F_D$) foi significativa e negativa. Convém notar, porém, que a interação $C_L \times E_L$ com anos, que testa o efeito total, foi muito pequena, correspondendo a 0,28 do erro residual.

A interação com NPK mineral ($C_L \times M_L$) foi significativa e positiva no conjunto e no primeiro ano do ensaio. Enquanto na ausência de M a calagem, em média dos nove anos, deprimiu a produção de 205 kg/ha, na presença das doses 1 e 2 de M suas respostas atingiram, respectivamente, +178 e +230 kg/ha. No primeiro ano, tendo o corretivo deprimido a produção de 333 kg/ha na ausência da adubação mineral, e de apenas 126 kg/ha na presença de M_1 , na presença de M_2 provocou um aumento de 517 kg/ha.

Embora sem significância estatística, deve-se assinalar que, empregado sozinho, o calcário prejudicou a produção em sete anos, tendo o prejuízo, em média das duas doses e dos nove anos, correspondido a 416 kg/ha. Todavia, na presença exclusiva de NPK (estêrco ausente) seu efeito foi quase sempre positivo e, na média geral, elevou-se a +160 kg/ha (+4%), quando usado em conjunto com M_1 , e a +301 kg/ha (+7%), quando na presença de M_2 .

Isso mostra, mais uma vez, que em solos como o estudado, deficientes de elementos outros que não os fornecidos diretamente pela calagem, não se deve esperar desta efeito satisfatório sem prévia correção de tais deficiências. Mostra, também, que as respostas negativas ao calcário não se restringiram aos anos (primeiro e terceiro) de sua aplicação.

Convém lembrar que, dentre 14 ensaios, já publicados (11, 13, 14), em que a Seção de Cereais estudou o emprêgo de calcário na cultura do milho em solos com pH entre 5,0 e 6,5, somente em um o corretivo aumentou significativamente a produção.

Efeito do estêrco — Em média dos nove anos, as respostas às doses 1 e 2 de estêrco (E), respectivamente +567 e +917 kg/ha, foram altamente significativas.

A interação linear Anos x E, significativa ao nível de 5%, mostra que o efeito linear do estêrco diferiu nos diversos anos. Todavia, deve-se isso à resposta, anormalmente baixa, verificada em 1956-57. Excluindo-se êsse ano da análise, o quadrado médio da interação, 0,5222 t/ha (quadro 2), passaria a 0,2721 t/ha e a interação não seria significativa. Assim sendo, o efeito E_L pode ser considerado mais ou menos constante no decorrer do ensaio e representado pela média anual de +459 kg/ha (figura 1).

Linhas atrás já se falou da interação $E_L \times C_L$. Quanto à $E_L \times M_L$ foi altamente significativa e negativa: as respostas às doses 1 e 2 de estêrco atingiram, respectivamente, +1.094 e +1.586 kg/ha (+49 e 71%) na ausência da adubação mineral, mas baixaram para +331 e +826 kg/ha (+9 e +21%), na presença de M_1 , e para +275 e +330 kg/ha (+6 e +8%), na presença de M_2 . Isso parece indicar que, no presente ensaio, o efeito da matéria orgânica, *per se*, foi muito pequeno, e que o estêrco atuou principalmente como fornecedor de elementos nutritivos.

Efeito de NPK — O efeito da adubação mineral (M), em média dos nove anos, foi altamente significativo. Tanto M_L como M_Q foram altamente significativos, sendo êste negativo e aquêle positivo. Portanto, a curva das produções foi do tipo parabólico, mas ainda era ascendente quando se usou a dose maior, pois, tendo sido de 3.126 kg/ha a média dos tratamentos sem M, a dos que receberam M_1 alcançou 4.196 kg/ha e a dos adubados com M_2 ainda se elevou a

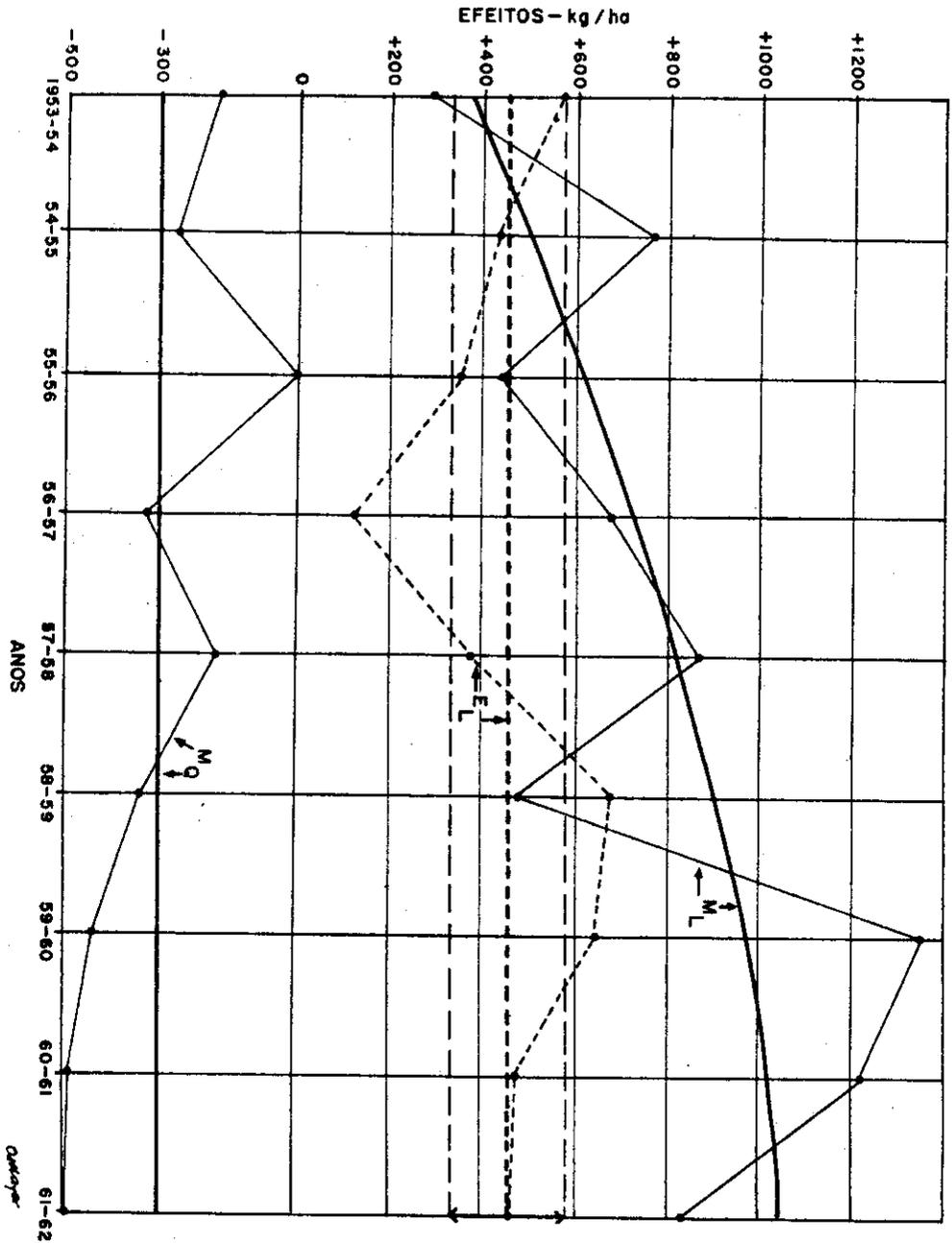


FIGURA 1. — Efeitos da adubação mineral (M) e do estêrco (E) sôbre a produção de milho. Nota-se que, com o decorrer dos anos, o efeito da adubação mineral tendeu a aumentar, ao passo que o do estêrco permaneceu constante.

4.669 kg/ha. Com isso, as respostas a M_1 e M_2 corresponderam, respectivamente, a +1.070 e +1.543 kg/ha (+34 e +49%).

No conjunto do período em estudo, a interação $M_L \times E_L$, como já se viu, foi altamente significativa e negativa, indicando que, contendo nutrientes também encontrados no estérco, na presença deste a adubação mineral se tornou menos necessária. Efetivamente, as respostas a M_1 e M_2 , que se elevaram, respectivamente, a +1.577 e +2.231 kg/ha na ausência do estérco, baixaram para +814 e +1.412 kg/ha, na presença da dose 1, e para +817 e +984 kg/ha, na presença da dose 2 do adubo orgânico. Como variaram os níveis das produções tomadas por base, os efeitos relativos, que foram, sucessivamente, +71 e +100%, +24 e +42%, +21 e +26%, exprimem melhor a queda do efeito de NPK na presença do estérco. Seja como fôr, as produções cresceram à medida que se aumentaram as quantidades totais de nutrientes, conforme se observa na seguinte relação :

| NÍVEIS DE E | Produções, em kg/ha, com | | |
|-------------|--------------------------|-------|-------|
| | M_0 | M_1 | M_2 |
| E_0 | 2.333 | 3.810 | 4.464 |
| E_1 | 3.327 | 4.141 | 4.739 |
| E_2 | 3.819 | 4.636 | 4.803 |

Ao estudar o efeito da calagem, já se tratou da interação $M_L \times C_L$, que foi positiva e significativa no conjunto dos nove anos. Contudo, é interessante evidenciar o que aconteceu à adubação mineral na ausência e na presença do calcário. Com as aplicações de 1955-56, que foram as últimas, a dose total do corretivo, nos tratamentos que receberam C_2 , ficou apenas ligeiramente superior a daqueles que receberam C_1 . Assim, para simplificar, na relação seguinte o calcário será representado pela média de C_1 e C_2 .

| TRATAMENTOS | Produções, em kg/ha, com | | |
|--------------------|--------------------------|-------|-------|
| | M_0 | M_1 | M_2 |
| Sem calcário | 3.263 | 4.077 | 4.515 |
| Com calcário | 3.058 | 4.255 | 4.745 |

Observa-se que as respostas a M_1 e M_2 elevaram-se de, respectivamente, +814 e +1.252 kg/ha (+25 e +38%), +1.577 e +2.231 kg/ha (+1.197 e +1.687 kg/ha (+39 e +55%)), na presença do corretivo. A

comparação das produções mostra claramente como os dois fatores — calagem e adubação com NPK — se beneficiaram mutuamente.

Na última relação estão incluídos, de acordo com o esquema fatorial, os tratamentos com e sem estêrco. Para verificar o que aconteceu sem a interferência desse adubo, isto é, quando a adubação mineral foi empregada sozinha ou na presença exclusiva do calcário, não se dispõe de repetições. Em todo o caso, a comparação seguinte, baseada nas médias dos nove anos, ajuda a esclarecer o assunto :

| TRATAMENTOS | Produções, em kg/ha, com | | |
|--------------------|--------------------------|-------|-------|
| | M_0 | M_1 | M_2 |
| Sem calcário | 2.510 | 3.703 | 4.263 |
| Com calcário | 2.094 | 3.863 | 4.564 |

As produções, principalmente nos tratamentos sem M, foram mais baixas que as da relação anterior, devido à exclusão do estêrco; mas, por isso mesmo, as respostas a M_1 e M_2 se tornaram muito mais acentuadas: respectivamente, +1.193 e +1.753 kg/ha (+47 e +70%) na ausência, e +1.769 e +2.470 kg/ha (+84 e +118%), na presença do calcário. Em grande parte, a diferença a favor das respostas observadas na presença do calcário resultou da forte depressão causada pela calagem na produção do tratamento sem M. Todavia, mesmo ignorando essa depressão, tais respostas seriam maiores, para o que certamente concorreu, entre outras influências benéficas da calagem, o controle da acidificação do solo provocada pelo sulfato de amônio, que foi o adubo nitrogenado usado na adubação NPK.

As médias do conjunto dos nove anos, tomadas nas linhas anteriores, não representam exatamente o efeito da adubação mineral, pois a interação linear $M \times \text{Anos}$ foi altamente significativa, devendo-se isso à tendência de esse efeito aumentar com o decorrer dos anos (figura 1). A variância devida à regressão do efeito M_L com anos (linear), correspondente a 7,9465*** t/ha, deve ser subtraída do valor 17,7916 t/ha, que representa a interação total ($M_L \times \text{Anos}$). Essa regressão equivale a um aumento de 86 kg/ha por ano, durante o período estudado.

O efeito quadrático dessa regressão, com o valor de -6,77 kg/ha e a variância de 0,2542 t/ha, não chegou a ser significativo, em face da variância residual, 0,2199 t/ha. Mesmo subtraindo-se a variância de-

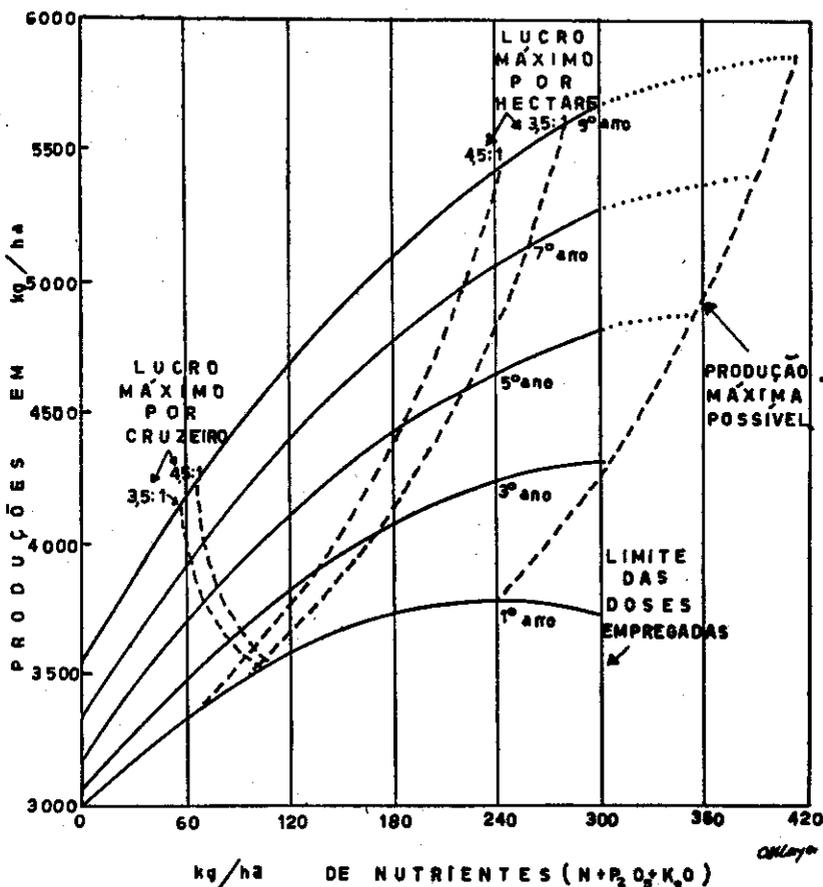


FIGURA 2. — Variação das respostas do milho à adubação mineral no decorrer dos anos. As linhas contínuas representam as produções calculadas para diferentes doses de nutrientes (N+P₂O₅+K₂O) nos 1º, 3º, 5º, 7º e 9º anos. As projeções verticais dos pontos de interseção dessas linhas com as tracejadas indicam as doses que provocaram, nos diversos anos: a) a produção máxima; b) o maior lucro por hectare; c) o lucro máximo por cruzeiro empregado em adubos. O lucro foi calculado para duas relações (3,5:1 e 4,5:1) entre o custo dos nutrientes e o valor do milho. V. detalhes no texto.

vida à interação linear M x Anos, a interação permanece significativa ($P = 0,001$), o que não é de estranhar, pois a grandes efeitos correspondem altas interações. Em resumo, o efeito linear da adubação mineral passou de +365 kg/ha, no primeiro ano, a +1.051 kg/ha, no fim de nove anos de adubações consecutivas.

O significado prático desse resultado é melhor compreendido exa-

minando-se a figura 2. As produções dos canteiros sem NPK não mudaram muito, não diminuíram. Entretanto, as respostas a essa adubação aumentaram com os anos, abrindo-se em leque. Para tanto, devem ter concorrido a acumulação de resíduos, sobretudo de fósforo, das sucessivas adubações, os quais atuaram diretamente e possibilitaram maior reação ao nitrogênio, e o plantio de híbridos cada vez mais produtivos e capazes de melhor aproveitar a crescente fertilidade do solo.

É interessante assinalar que o mencionado aumento do efeito de NPK se verificou apesar da progressiva acidificação do solo, aliás pequena, conforme se verá adiante, causada pelo uso contínuo de doses relativamente elevadas de sulfato de amônio. Adiante também se verá que, se a adubação com NPK teve êsse inconveniente, em compensação aumentou consideravelmente o teor de fósforo no solo.

A julgar pelos trabalhos de Barber (1, 2) e de Hutton e colaboradores (7), é bem provável que a diferença a favor dos últimos anos fôsse ainda maior se os sulcos adubados tivessem mudado anualmente, de modo que, com o tempo, o solo dos canteiros ficasse uniformemente saturado de fósforo e potássio. Em nosso meio, Catani e Gallo (5) mostraram que, em experiências a longo têrmo, a aplicação, sempre nos mesmos sulcos, de adubos fosfatados e potássicos, enriquece diferencialmente a estreita faixa em que são localizados os sulcos.

Relação estêrco : NPK mineral — Tanto o estêrco como a adubação mineral produziram resultados ponderáveis e a interação entre ambos foi grande e negativa, com a tendência de se mostrar mais consistente nos últimos anos.

Na figura 3 é apresentada uma superfície de respostas em função do estêrco e da adubação mineral. Para o cálculo, tomaram-se as médias dos últimos quatro anos, usando-se a expressão determinada pelos dados de produção, em kg/ha, $Y = 4961 + 563x_1 - 120x_1^2 + 971x_2 - 444x_2^2 - 413x_1x_2$, onde $x_1 =$ estêrco (—1 a +1) e $x_2 =$ nutrientes minerais (—1 a +1).

Essa expressão descreve a situação para o nível intermediário de calcário.

Verifica-se que a produção oscilou entre 2.450 kg/ha, na média dos tratamentos sem estêrco e sem adubação mineral, e 5.518 kg/ha, na daqueles que receberam as doses máximas dos dois adubos. Verifica-se, ainda, que o estêrco e a adubação com NPK se mostraram mútua-

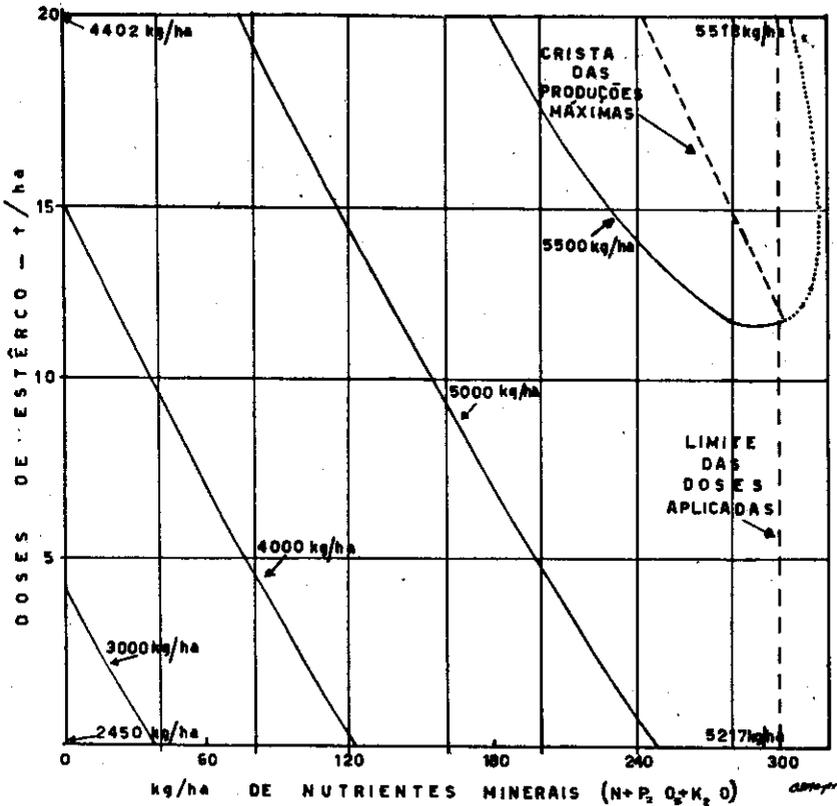


FIGURA 3. — Superfície de respostas, mostrando a correspondência entre estêrco e adubação mineral na produção de milho, em kg/ha. O gráfico foi elaborado a partir da fórmula desenvolvida por Box (4) e dos dados mencionados no texto. Nas condições do ensaio, 1 kg de nutrientes (0,4 kg de N + 0,4 kg de P₂O₅ + 0,2 kg de K₂O) produziu o mesmo que 125 kg de estêrco.

mente substituíveis e que a relação entre eles foi constante, tendo 1 kg de nutrientes (0,4 kg de N + 0,4 kg de P₂O₅ + 0,2 kg de K₂O) da adubação mineral correspondido a 125 kg de estêrco. Em outros termos: 1 kg da adubação mineral empregada, com 9,23% de N, 9,23% de P₂O₅ e 4,62% de K₂O, mostrou-se equivalente a 29 kg de estêrco.

A implicação econômica é clara: nas condições do presente ensaio, seria indiferente usar estêrco ou adubação mineral, se o custo de produção e aplicação de 1 kg do primeiro fôsse igual a 1/125 do custo e aplicação de 1 kg da segunda, expressa em nutrientes.

3.3 — DOSES MAIS LUCRATIVAS DE NPK

A figura 2 mostra que a produção máxima possível, obtida, no primeiro ano, com 242 kg/ha de nutrientes, no último correspondeu a 414 kg/ha. Ao agricultor, porém, o que mais interessa é saber a dose de adubos que lhe proporciona maior lucro. Isso também está representado gráficamente na figura 2.

Os cálculos foram feitos para duas situações financeiras do agricultor e duas relações entre o valor do quilograma de nutrientes (0,4 kg de N + 0,4 kg de P_2O_5 + 0,2 kg de K_2O) da mistura utilizada e de um quilograma de milho: 3,5:1 e 4,5:1. Essas relações cobrem a maior parte das variações dos preços vigentes no período de janeiro de 1950 a abril de 1961, imediatamente anteriores, portanto, à «Instrução 204» do Ministério da Fazenda.

Na situação em que o agricultor não tenha limitações de capital para a aquisição de adubos e vise à obtenção do lucro máximo possível por área, a quantidade ótima de nutrientes a ser empregada, tomando-se como exemplo a primeira relação de preços (3,5:1), oscilaria entre 109,8 kg/ha, no primeiro ano, e 282,2 kg/ha, no último. Calculada segundo os valores médios dos últimos quatro anos, seria de 225,3 kg/ha. Assim, o nível ótimo do primeiro ano seria inferior à metade do alcançado quando o ensaio se aproximou mais do seu equilíbrio.

Calcularam-se, também, as quantidades mínimas de fertilizantes a serem recomendadas, isto é, as doses de nutrientes que produziriam o lucro máximo por cruzeiro investido na adubação. Segundo Pesek e Heady (8), a produção Y_1 seria dada pela equação quadrática $Y_1 = sx + tx^2$, onde x é a quantidade de nutrientes e s e t são constantes; o custo Y_2 dos nutrientes empregados, pela equação $Y_2 = m + rx$, onde m significa a despesa fixa com a aplicação por unidade de área, expressa em milho, r , a relação entre o custo da unidade de fertilizante e o da unidade de milho, e x , a quantidade de nutrientes. É necessário maximizar a relação $(Y_1 - Y_2)/Y_2$ ou $Y_1/Y_2 - 1$, fazendo $d/dx[(Y_1/Y_2) - 1] = 0$, de maneira a obter-se a dose de nutrientes que produziria o lucro máximo por cruzeiro. A solução é dada pela equação

$$X = \frac{-2mt - \sqrt{(2mt)^2 - 4mrst}}{2rt}$$

No presente caso, usou-se a expressão

$Y = 4296 + 817x_1 - 298x_1^2 + 157x_2 + 86x_1x_2 - 7x_1x_2^2$, onde $x_1 =$ adubo mineral (-1 a $+1$) e $x_2 =$ anos (-4 a $+4$). Para determinar essa expressão, foram utilizados os dados de produção dos nove anos, sendo que o gráfico da figura 2 representa a situação nos níveis intermediários de estêrco e de calcário.

O lucro foi calculado para as relações de preços 3,5:1 e 4,5:1, citadas atrás. Para a primeira relação, as doses mínimas de nutrientes a serem recomendadas decresceriam de 103,3 kg/ha, no primeiro, até 58,6 kg/ha, no último ano. Baseando o cálculo na média dos últimos quatro anos, a dose seria de 81,8 kg/ha.

Nota-se, na figura 2, que no primeiro ano e para a relação 3,5:1, a dose mínima seria praticamente igual à dose ótima, e que esta, para a relação 4,5:1, seria menor que a mínima. Conforme esclarecido por Pesek e Heady (8), assim acontece quando se efetua a adubação com prejuízo. Nesse caso, a dose mínima daria o menor prejuízo por cruzeiro empregado em adubo.

Deve-se acentuar que a quantidade mínima de nutrientes recomendável varia muito menos que a ótima, e que a dose mais segura, dentro da sucessão de anos — tendo em vista os riscos de flutuações físicas e econômicas — tende a se aproximar daquela dose. Nas condições do ensaio relatado, a dose mais segura oscilaria em torno de 100 kg/ha de nutrientes, quantidade bem próxima da geralmente recomendada, no Estado de São Paulo, para a terra-roxa-misturada.

3.4 — CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS E DAS ESPIGAS

Em média de todos os tratamentos, o índice de espigas (número médio de espigas por 100 plantas) variou, nos diversos anos, entre 75 e 98, tendo alcançado 88 no conjunto dos nove anos. Nesse conjunto, a influência da calagem foi nula na presença da adubação mineral e ligeiramente prejudicial na sua ausência. Todavia, o estêrco e a adubação mineral, conforme mostra a relação seguinte, elevaram-no consideravelmente.

| | ÍNDICES DE E | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | <i>M</i> ₀ | <i>M</i> ₁ | <i>M</i> ₂ |
| <i>E</i> ₀ | 76 | 88 | 91 |
| <i>E</i> ₁ | 83 | 89 | 93 |
| <i>E</i> ₂ | 87 | 90 | 95 |

No conjunto dos nove anos, o tamanho médio das espigas, isto é, o peso dos grãos obtidos de uma espiga, que foi de 112 g nos tratamentos sem calcário, elevou-se apenas a 116 g nos que receberam o corretivo. Entretanto, o efeito das adubações orgânica e mineral foi muito grande, como se vê :

| | ÍNDICES DE E | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | <i>M</i> ₀ | <i>M</i> ₁ | <i>M</i> ₂ |
| <i>E</i> ₀ | 80 | 107 | 118 |
| <i>E</i> ₁ | 103 | 116 | 127 |
| <i>E</i> ₂ | 115 | 130 | 131 |

O rendimento, em grãos, das espigas despalhadas, variou, em média dos tratamentos, de 81 a 82%, em seis anos, e de 83 a 86%, nos outros três. No conjunto dos nove anos, o estêrco e a adubação com NPK aumentaram a porcentagem de grãos, mas muito pouco : enquanto o rendimento foi de 81%, na média dos tratamentos sem essas adubações, na daqueles que receberam ambas, passou apenas a 83%. O efeito da calagem foi nulo.

Tendo ocorrido forte ventania em 1953-54, contaram-se, na ocasião da colheita, as plantas acamadas e as quebradas abaixo da inserção das espigas. Em relação ao número de plantas então existentes e em média de todos os tratamentos, as porcentagens foram, respectivamente, 21 e 18. Embora a variação tenha sido muito grande, convém registrar que o calcário aumentou as porcentagens, tanto de plantas acamadas como de quebradas; na ausência da adubação mineral, os tratamentos com *E*₀, *E*₁ e *E*₂ apresentaram, respectivamente, 36, 17 e 14% de acamadas e 7, 20 e 17% de quebradas; na ausência do estêrco, os tratamentos com *M*₀, *M*₁ e *M*₂ tiveram 36, 26 e 19% de acamadas e 7, 13 e 20% de quebradas. Contudo, na presença da adubação mineral, êsses efeitos do estêrco foram muito menos pronunciados e, na presença do estêrco, os da adubação mineral, conquanto pequenos, foram sempre favoráveis.

QUADRO 4. — Resultados médios das análises químicas de amostras compostas do solo, tiradas, em setembro de 1962, nos diversos canteiros do ensaio permanente de adubação do milho com estérco (E), calcário (C) e NPK mineral (M)

| Tratamentos | pH int. | N total % | Em e.mg por 100 g de solo | | |
|-------------------------|---------|-----------------|---------------------------|-------------------------------|----------------|
| | | | Sol. (1) | Trocáveis | |
| | | | | PO ₄ ⁻³ | K ⁺ |
| E ₀ | 5,25 | 0,14 | 0,52 | 0,27 | 4,88 |
| E ₁ | 5,33 | 0,18 | 0,40 | 0,24 | 5,36 |
| E ₂ | 5,24 | 0,17 | 0,57 | 0,28 | 4,54 |
| C ₀ | 5,11 | 0,16 | 0,47 | 0,26 | 4,02 |
| C ₁ | 5,26 | 0,16 | 0,48 | 0,27 | 5,03 |
| C ₂ | 5,45 | 0,17 | 0,55 | 0,26 | 5,72 |
| M ₀ | 5,42 | 0,17 | 0,31 | 0,24 | 5,46 |
| M ₁ | 5,26 | 0,17 | 0,51 | 0,28 | 4,81 |
| M ₂ | 5,14 | 0,16 | 0,68 | 0,27 | 4,51 |
| Coef. de variação | 2% | 14% | 29% | 43% | 12% |

(1) Extraído em solução de ácido oxálico e oxalato de potássio.

3.5 — EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE O SOLO

Em setembro de 1962 tiraram-se, ao acaso, seis amostras superficiais do solo de cada canteiro, as quais, depois de misturadas, formaram a amostra composta que foi utilizada para a análise química. Estudados estatisticamente, os dados dessas análises não mostraram interações. Por esse motivo, os resultados apresentados no quadro 4 são médias de nove tratamentos. Pequenas diferenças podem ser apreciadas nesse quadro; aqui só serão assinaladas as diferenças mais importantes.

O estêrco aumentou significativamente o teor de N total, mas seu efeito quadrático também foi significativo, indicando que o aumento devido a E_2 foi inferior ao de E_1 . É de estranhar que E_1 tenha provocado redução significativa no teor de PO_4^{-3} , e que mesmo E_2 não tenha aumentado o teor de K^+ .

O calcário elevou o pH e o teor de Ca^{++} do solo, sendo que os aumentos devidos a C_2 foram altamente significativos. Deve-se notar que o corretivo não modificou o teor de K^+ , mas sua dose 2 aumentou o de PO_4^{-3} . Todavia, esse aumento, não significativo, foi causado pelo teor exagerado de um tratamento. Excluindo-se este, a média dos outros oito tratamentos seria 0,48 e.mg de PO_4^{-3} , praticamente igual a dos tratamentos sem calcário.

A adubação com NPK deprimiu o pH, bem como o teor de Ca^{++} , sendo altamente significativas as depressões provocadas por M_2 . Isso era de esperar, pois o nitrogênio foi sempre empregado, em doses relativamente elevadas, na forma de sulfato de amônio. Contudo, mesmo excluindo os tratamentos com calcário, o pH baixaria apenas de 5,27, na média dos tratamentos sem M, para 4,98, na daqueles que receberam M_2 . A adubação mineral aumentou muito pouco o teor de K^+ , mas determinou enorme aumento no de PO_4^{-3} , sendo significativo o efeito linear do último nutriente.

Convém lembrar que o coeficiente de variação para o teor de K^+ atingiu 43%, o que talvez explique porque, após tantos anos de aplicações consecutivas, não se observou modificação na média dos tratamentos com estêrco e foi muito pequeno o aumento verificado na dos tratamentos com NPK. A alegação de que as elevadas colheitas teriam retirado o excesso de potássio, não prevalece, porque, como é sabido (12), a maior parte da quantidade de potássio absorvida pelo milho é

encontrada na palhaça, que, no ensaio em estudo, foi sempre incorporada ao solo dos canteiros que a produziram. Por outro lado, as perdas por arrastamento não devem ter sido grandes, pois, no mesmo tipo de solo e na mesma localidade, tem-se observado considerável efeito residual do potássio (12).

Em fevereiro de 1963, Queiroz e Grohmann (9) colheram amostras de vários canteiros do presente ensaio. O que tiveram em vista foi estudar o estado de agregação do solo, mas também determinaram seu teor em carbono, que oscilou entre 1,98 e 2,16%, nas médias dos tratamentos sem estêrco (000, 020 e 022), e entre 2,11 e 2,44%, nas dos esterçados (111, 222 e 200).

Vê-se que o estêrco aumentou o teor de carbono, mas muito pouco, tendo-se em vista que, por ocasião da amostragem, nos canteiros esterçados já haviam sido feitas dez aplicações anuais de 10 e 20 t/ha desse material.

É provável que a explicação disso resida no fato de que, ao solo dos canteiros sem estêrco foram incorporadas, durante o período estudado, elevadas quantidades de palhaça de milho. É verdade que os esterçados receberam, além do estêrco, quantidades de palhaça ainda maiores, pois que êsse adubo provocou considerável aumento na produção de grãos e, conseqüentemente, na de palhaça. Mas é também muito provável que, mesmo sem estêrco, a simples incorporação, ao solo, dos restolhos do milho, tenha sido suficiente para mantê-lo no seu nível de equilíbrio, quanto à matéria orgânica, para as condições em que foi cultivado.

Enquanto a produção média anual do tratamento 020, com calcário sòzinho, correspondeu a 2.106 kg/ha de grãos, a do tratamento 022, com calcário e NPK, elevou-se a 4.787 kg/ha. Isso significa que o último tratamento recebeu, pelo menos, o dôbro da quantidade de palhaça. Entretanto, os teores de carbono foram praticamente os mesmos nos dois casos (2,06 e 2,12%), indicando que, em solo como o estudado (terra-roxa-misturada, com cêrca de 2% de carbono), é muito difícil, se não impossível, elevar duradouramente a porcentagem do elemento em questão, em uma cultura contínua de milho, usando-se doses de matéria orgânica como as empregadas no ensaio.

Convém recordar que Freire e Viégas (6) já estudaram o assunto, baseando-se em outras experiências, inclusive em uma instalada, igualmente, em terra-roxa-misturada e na Estação Experimental «Theodu-

reto de Camargo», na qual foram feitas, durante vários anos, aplicações diferenciais de palhaça de milho. Nessa experiência, as quantidades extremas de palhaça, que em oito anos totalizaram 10,36 e 27,76 t/ha, produziram idênticos resultados no teor de carbono, que se manteve ligeiramente acima de 2%.

Na discussão dos efeitos sobre a produção, já se inferiu que, no presente ensaio, o estérco atuou principalmente como fornecedor de nutrientes. Mesmo tomando-se as porcentagens extremas das determinações de Grohmann e Queiroz, 1,98 e 2,44% de carbono, que foram encontradas, respectivamente, no tratamento sem qualquer adubação e no adubado exclusivamente com a dose 2 de estérco, verifica-se que este elevou de apenas 23% a porcentagem em questão, ao passo que aumentou de 54% a produção de grãos. Na presença da maior dose de NPK (tratamentos 022 e 222), a adição do estérco, conquanto elevasse de 2,16 para 2,32% o teor de carbono, fez baixar a produção do milho de 4.787 para 4.579 kg/ha.

Ao ser instalado o ensaio relatado, o teor do solo em carbono era de 2%. Todavia, enquanto essa amostragem foi feita até 20 cm de profundidade, a de Queiroz e Grohmann (9) abrangeu uma camada de solo de 30 cm. Supõe-se, por isso, que o teor inicial, se determinado como no caso dos citados autores, deveria ter sido inferior a 2%. Nessas condições, mesmo no tratamento 000, a simples incorporação da palhaça de milho teria sido suficiente, se não para aumentar, ao menos para manter o teor inicial de matéria orgânica. Isso leva a admitir que, em solos mais pobres que o estudado, idêntico resultado poderia ser obtido mediante o emprêgo exclusivo de adequada adubação mineral, que aumentaria não somente as colheitas de grãos, mas, também, a produção de restolhos e o desenvolvimento da vegetação espontânea. Essas suposições encontram apoio nos trabalhos de Thorne (10) e de Bear (3).

4 — CONCLUSÕES GERAIS

No capítulo 3, além da apresentação dos resultados obtidos, já se procurou interpretar, com os possíveis detalhes, a influência de cada fator estudado sobre algumas características das plantas e das espigas, bem como sobre as propriedades químicas do solo, sendo também efetuados cálculos das doses mais lucrativas da adubação mineral. Aqui

serão mencionadas apenas as conclusões mais gerais sôbre a produção de grãos.

a) Em média de todos os tratamentos, as produções foram geralmente boas e tenderam a aumentar no decorrer dos nove anos relatados, para o que devem ter contribuído a acumulação de resíduos das adubações consecutivas e o uso de híbridos cada vez mais produtivos. Mesmo no tratamento sem qualquer adubação, as produções foram sofríveis e não tenderam a diminuir no período estudado.

b) Embora tendesse a melhorar um pouco nos últimos anos, o efeito médio da calagem foi nulo. Contudo, sua interação com a adubação mineral foi significativa e positiva: na ausência dessa adubação e na presença das suas doses 1 e 2, as respostas ao calcário corresponderam, respectivamente, a -205 , $+178$ e $+230$ kg/ha. Empregado sozinho, o calcário depressiu a produção de 416 kg/ha.

c) O efeito médio do estêrco foi grande e linear, tendo-se mantido mais ou menos constante no decorrer do ensaio. Sua interação com a adubação mineral foi altamente significativa e negativa: enquanto o aumento que êle provocou, em média das duas doses, foi tão somente de 307 kg/ha na presença da dose 2 de NPK, na presença da dose 1 dessa adubação passou a 579 kg/ha, e, na sua ausência, atingiu 1.340 kg/ha. Neste caso, o aumento causado pela dose 2 de estêrco elevou-se a 1.586 kg/ha.

d) Em média do período relatado, o efeito da adubação com NPK foi altamente significativo. O estudo das componentes mostrou que a curva das produções foi do tipo parabólico, mas ainda era ascendente quando se usou a dose 2. Já se assinalou que as interações com o calcário e com o estêrco foram significativas, sendo esta negativa e aquela positiva. As respostas médias a NPK corresponderam, respectivamente na ausência e na presença do calcário, a $+1.033$ e $+1.442$ kg/ha; na ausência e na presença do estêrco, a $+1.904$ e $+1.007$ kg/ha. Na ausência do estêrco, o efeito da dose 2 de NPK alcançou $+2.231$ kg/ha. Apesar de ser negativa a interação com o estêrco, as produções cresceram à medida que se aumentaram as quantidades totais de nutrientes, tendo passado de 2.233 kg/ha, na ausência de NPK e do estêrco, para 4.141 kg/ha, quando se empregaram as doses 1 dos dois adubos, e para 4.803 kg/ha, quando se usaram suas doses 2. As médias anteriores não representam exatamente o efeito de NPK, pois sua interação com

anos foi altamente significativa e sistemática, indicando que êle tendeu a aumentar consideravelmente no decorrer do ensaio.

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH CORN

XXIV — FIRST 9-YEAR RESULTS OF A LONG TERM TRIAL WITH MANURE, LIMESTONE, AND NPK FERTILIZER

SUMMARY

This paper reports the first 9-year results of an experiment in which the effects of manure, limestone, and a NPK fertilizer are being tested on continuous corn. The experiment is located at Campinas, on a «terra-roxa-misturada» soil fairly fertile with the initial pH of 5.6.

The corn yields were generally satisfactory and tended to increase during the indicated period, this being attributed to the accumulation of residues of the successive fertilizer applications and the use of more productive hybrids.

The average effect of lime was null, but its interaction with NPK was significant and positive: in the absence and in the presence of NPK respectively, the responses to lime corresponded to -205 and $+204$ kg/ha (kilograms per hectare). The yield increases due to manure were very good and more or less constant during the period studied. Its interaction with NPK was significant and negative: $+1,340$ kg/ha in the absence and only $+443$ kg/ha in the presence of NPK. As to NPK, its effect was significant and tended to increase considerably as the years passed. While the presence of lime enhanced it, that of manure depressed it. In the 9-year average the response to NPK, which reached $+1,904$ kg/ha in the absence, dropped to $+1,007$ kg/ha in the presence of manure. However, the yields still increased where NPK + manure were applied.

The authors also studied the influence of the treatments on some characteristics of the corn plant and ears, and on the chemical properties of the soil, as well as the most profitable rates of NPK applications.

LITERATURA CITADA

1. BARBER, S. A. Relation of fertilizer placement to nutrient uptake and crop yield. I — Interaction of row phosphorus and the soil level of phosphorus. *Agronomy J.* 50:535-539. 1958.
2. ———— Relation of fertilizer placement to nutrient uptake and crop yield. II — Effect of row potassium, potassium soil level, and precipitation. *Agronomy J.* 51:97-99. 1959.
3. BEAR, F. E. *Soils and fertilizers*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1953. 420 p.
4. BOX, G. E. P. (e outros). *The design and analysis of industrial experiments*. Davies, O. L. ed. London, Oliver & Boyd, 1956. 636p.

5. CATANI, R. A. & GALLO, J. R. Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo de fertilizantes. *Bragantia* 13:[75]-83. 1954.
6. FREIRE, E. S. & VIÉGAS, G. P. Sobre a conservação da matéria orgânica em nossos solos. *Bragantia* 17:XXIII-XXVII. 1958.
7. HUTTON, C. E., ROBERTSON, W. K. & HANSON, W. D. Crop response to different soil fertility levels in a 5 by 5 by 5 by 2 factorial experiment: I. *Corn. Soil Sci. Soc. Amer. Procs.* 20: 531:537. 1956.
8. PESEK, J. & HEADY, E. O. Derivation and application of a method for determining minimum recommended rates of fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Procs.* 22:419-423. 1958. (Reprint).
9. QUEIROZ, J. PEREIRA (neto) & GROHMANN, F. Estado de agregação da terra-roxa (série Chapadão) num ensaio de adubação do milho. *Bragantia* 22:[635]-646. 1963.
10. THORNE, C. E. The function of organic matter in the soil. *J. Amer. Soc. Agron.* 18:767-793. 1926.
11. VIÉGAS, G. P. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. X — Ensaio com calcário. *Bragantia* 15:[169]-176. 1956.
12. ————— Adubação do milho. XII — Efeito residual do potássio. *Bragantia* 17:[345]-354. 1958.
13. ————— & CONAGIN, A. Adubação do milho. XVIII — Ensaio com diversos fosfatos (4.a série). *Bragantia* 20:[15]-34. 1961.
14. ————— & FRAGA, C. G. (jr.). Adubação do milho. XIV — Ensaio com mucuna intercalada e adubos minerais. *Bragantia* 19:[909]-941. 1960.