

# BRAGANTIA

*Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de S. Paulo*

Vol. 22

Campinas, março de 1963

N.º 14

## ADUBAÇÃO DO MILHO NO VALE DO PARAÍBA EXPERIÊNCIAS COM N, P, K E Ca EM SOLO DA SÉRIE TUMIRIM (1)

A. GENTIL GOMES, *engenheiro-agrônomo* (2), G. P. VIÉGAS, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cereais*, e E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo* (3), *Instituto Agrônomo*.

### RESUMO

Para estudar o efeito da aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e calcário na cultura do milho em solo da série Tumirim, realizaram-se três experiências em São José dos Campos. O calcário foi aplicado a lanço; os adubos, nos sulcos de plantio. Como numa das experiências o coeficiente de variação foi elevado, as conclusões se baseiam principalmente nos resultados das outras duas.

Em nenhum caso o nitrogênio aumentou a produção e o efeito médio do potássio foi muito pequeno. Para isso parece terem concorrido a utilização de áreas que estiveram como pastagem por muitos anos, a elevada acidez dos solos, o modo de aplicação dos adubos e o emprêgo do nitrogênio na forma amoniacal. Entretanto, o efeito do fósforo foi grande, sendo que a presença do calcário exalçou o das suas maiores doses. Quanto ao do calcário, foi satisfatório na presença de quantidades elevadas de fósforo, mas nulo ou negativo na de doses moderadas desse elemento ou na sua ausência.

### 1 — INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é relatar os resultados de três experiências realizadas no Vale do Paraíba, para estudar o efeito, sobre a produção do milho, da aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e calcário em solo da série Tumirim, do Terciário.

(1) As análises estatísticas foram efetuadas na Seção de Técnica Experimental. Os solos foram analisados na Seção de Agrogeologia. Recebido para publicação em 5 de fevereiro de 1963.

(2) Designado pelo Instituto Agrônomo, para colaborar nos projetos agrônômicos do Serviço do Vale do Paraíba, da D.A.E.E.

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

As três experiências foram conduzidas em 1952-53, 1953-54 e 1954-55 na Fazenda Santa Rita, Município de São José dos Campos. As áreas utilizadas, embora diferentes para cada ano, eram vizinhas e pertenciam à série Tumirim, cujas características gerais já foram descritas por Verdade e colaboradores (3). Estiveram como pastagem durante muitos anos e, ao que se sabe, nunca foram adubadas. Em média de duas amostras, o solo dessas áreas tinha  $\text{pH} = 4,8$ , 3,60% de matéria orgânica, 0,17% de N e, em e. mg por 100 g de terra fina seca ao ar, 0,31 de  $\text{K}^+$ , 1,78 de  $\text{Ca}^{++}$ , 0,80 de  $\text{Mg}^{++}$  trocáveis, bem como, 0,06 de  $\text{PO}_4^{--}$  solúvel em  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N.

Usou-se o delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições. Cada experiência constou de dois esquemas fatoriais  $3 \times 3 \times 2$ : a) para N, P e K; b) para N, P e Ca (calcário). No primeiro, compararam-se os níveis 0, 1 e 2 de nitrogênio, 0, 1 e 2 de fósforo e 0 e 1 de potássio; para formar o segundo, acrescentaram-se canteiros com o nível 1 de calcário, os quais substituíram, no estudo dos resultados, os com potássio do primeiro esquema.

Na primeira experiência (1952-53) empregaram-se 30 e 60 kg/ha de N, 60 e 120 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 60 kg/ha de  $\text{K}_2\text{O}$ ; nas outras duas, essas doses foram dobradas. A quantidade de calcário foi sempre a mesma, 1 t/ha. Nas três experiências o nitrogênio foi empregado como sulfato de amônio; o fósforo, como superfosfato simples e farinha de ossos degelatinados, que forneceram, respectivamente, 1/3 e 2/3 das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; o potássio, como cloreto. Utilizou-se calcário dolomítico, proveniente de Taubaté.

Tanto o calcário como os adubos foram aplicados no dia da semeadura do milho: o corretivo, em toda a área dos correspondentes canteiros e incorporado ao solo por meio de escarificação; os adubos, nos sulcos de plantio.

Os canteiros tiveram seis fileiras de 8 m, aproveitando-se somente as quatro fileiras centrais. O espaçamento adotado foi de  $1 \times 0,20$  m. Efetuou-se a semeadura nos últimos dias de outubro ou primeiros de novembro; a colheita, no fim de março ou meados de abril. Nas três experiências usou-se o híbrido H-3531.

### 3 — RESULTADOS

As produções médias por tratamento são apresentadas no quadro 1. Nas linhas seguintes serão estudados os resultados de cada experiência.

QUADRO 1. — Produções de milho (grãos) obtidas em três experiências de adubação realizadas em solo da série Tumirim, no Município de São José dos Campos, em cada uma das quais foram conjugados dois esquemas fatoriais 3x3x2, um para N, P, K e outro para N, P, Ca (calcário)

Níveis de N, P, K e Ca	Experiências de			Níveis de N, P, K e Ca	Experiências de		
	1952-53	1953-54	1954-55		1952-53	1953-54	1954-55
	kg/ha	kg/ha	kg/ha		kg/ha	kg/ha	kg/ha
0000 .....	1 375	2 212	2 523	1200 .....	2 898	2 312	2 139
0010 .....	1 258	2 538	1 451	1210 .....	2 766	1 563	2 225
0001 .....	461	1 862	2 119	1201 .....	3 148	2 664	3 197
0100 .....	2 320	2 422	3 003	2000 .....	2 132	2 052	1 486
0110 .....	2 258	955	3 095	2010 .....	1 937	2 044	1 672
0101 .....	2 094	1 448	2 644	2001 .....	1 586	2 289	1 892
0200 .....	2 055	873	2 492	2100 .....	2 203	869	1 453
0210 .....	2 891	2 500	3 291	2110 .....	2 367	1 048	1 733
0201 .....	3 070	3 236	3 302	2101 .....	1 430	1 937	2 805
1000 .....	898	3 569	1 400	2200 .....	2 640	2 159	2 544
1010 .....	1 102	2 583	937	2210 .....	2 563	1 806	2 939
1001 .....	1 562	1 350	1 433	2201 .....	2 680	1 928	2 772
1100 .....	1 758	908	2 964	Médias .....	2 056	1 940	2 379
1110 .....	2 180	1 669	3 497				
1101 .....	1 891	1 595	3 231				

### 3.1 — EXPERIÊNCIA DE 1952-53

As chuvas de dezembro, janeiro e fevereiro corresponderam a 71, 52 e 50% das respectivas normais. Contudo, o "stand" final médio atingiu 95%, sendo que o fósforo e o potássio contribuíram para melhorá-lo, o calcário não o modificou e o nitrogênio o reduziu ligeiramente. As produções foram satisfatórias nos melhores tratamentos e o coeficiente de variação correspondeu a 20%.

a) **Efeitos de N, P e K** — Neste esquema, os efeitos principais N e K, respectivamente + 95 e + 116 kg/ha, não foram significativos; o efeito P, porém, atingiu + 958 kg/ha e foi altamente significativo. As respostas aos níveis 1 e 2 de fósforo alcançaram, respectivamente, + 731 e + 1 185 kg/ha (+ 50 e + 82%), sendo que somente a componente linear foi significativa.

Embora as interações não tenham sido significativas, convém notar que os aumentos de produção devidos à adição de  $p_1$  e  $p_2$  foram, respectivamente, 625 e 1 062 kg/ha na ausência, elevando-se a 836 e 1 308 kg/ha na presença do potássio.

b) **Efeitos de N, P e Ca** — Como no anterior, neste esquema sòmente o efeito principal P foi significativo (ao nível de 1%). Também aqui suas doses 1 e 2 aumentaram linearmente a produção.

O efeito do calcário e a interação P x Ca não foram significativos; observou-se, contudo, que enquanto na ausência do fósforo e na presença de  $p_1$  o corretivo deprimiu a produção, na presença de  $p_2$  êle a elevou de 435 kg/ha (17%). Da mesma forma, a resposta média ao fósforo, que foi de + 843 kg/ha (+ 57%) na ausência do calcário, na presença dêste passou a + 1.183 kg/ha (+ 98%).

### 3.2 — EXPERIÊNCIA DE 1953-54

O ano agrícola começou bem, mas as chuvas de dezembro e janeiro corresponderam a apenas 50% das respectivas normais e a temperatura se manteve, então, muito elevada. O "stand" médio alcançou 98%; contudo, variou muito nos diversos tratamentos. Assim é que o nitrogênio o reduziu apreciavelmente, ao passo que o fósforo, o potássio e o calcário contribuíram para melhorá-lo. As produções foram, em geral, baixas e irregulares, tendo o coeficiente de variação atingido 43%. Em vista disso, os efeitos observados serão estudados de modo sumário.

a) **Efeitos de N, P e K** — Nesta parte da experiência, sòmente o efeito principal P foi significativo, mas negativo (-36%). As respostas médias ao nitrogênio e ao potássio foram praticamente nulas.

b) **Efeitos de N, P e Ca** — Conquanto ainda depressivo (-16%), o efeito principal P foi muito menos pronunciado do que no esquema a e não atingiu o nível de significância. Os efeitos principais N e Ca foram muito pequenos e não significativos.

As interações não foram significativas. Contudo, é interessante assinalar que, enquanto na ausência do calcário a resposta média ao fósforo correspondeu a - 1.020 kg/ha (- 39%), na presença do corretivo ela alcançou + 300 kg/ha (+ 16%). Por sua vez, o efeito do calcário, que foi negativo (- 777 kg/ha ou - 30%) na ausência do fósforo, na presença de  $p_1$  passou a + 260 kg/ha (+ 19%) e, na de  $p_2$ , elevou-se a + 828 kg/ha (+ 46%).

### 3.3 — EXPERIÊNCIA DE 1954-55

As chuvas de outubro e dezembro foram normais e, as de janeiro, mais abundantes, ao passo que as de novembro, fevereiro e março baixaram a 23, 42 e 36% das respectivas normais. O "stand" final médio atingiu 90%, sendo que o fósforo, o potássio e o calcário contribuíram para melhorá-lo, mas o nitrogênio o reduziu consideravelmente, sobretudo na ausência do potássio ou do calcário. Nos tratamentos que tive-

ram  $n_0$ ,  $n_1$  e  $n_2$  os "stands" foram, respectivamente, 98, 84 e 72% na ausência do corretivo, elevando-se, na presença dêste, a 100, 99 e 96%. As produções foram relativamente boas nos melhores tratamentos e o coeficiente de variação correspondeu a 24%.

a) **Efeitos de N, P e K** — Dos efeitos principais N e K, o segundo foi quase nulo e, o primeiro, significativamente negativo (—21%), sendo que a depressão causada pelo nitrogênio aumentou linearmente com as doses empregadas. Entretanto, o efeito principal P atingiu +1 037 kg/ha (+66%) e foi significativo ao nível de 1%. Todavia, a dose 2 não aumentou a produção em relação à obtida com a dose 1.

A interação N x P foi significativa, sendo que o fósforo se mostrou muito mais eficiente na presença da dose 1 de nitrogênio do que na sua ausência ou na presença da dose 2. A interação P x K aproximou-se muito do nível de significância. Efetivamente, enquanto na ausência do potássio o efeito do fósforo correspondeu a +630 kg/ha (+35%), na presença daquele elemento êle se elevou a +1 443 kg/ha (+107%). Igualmente, a resposta ao potássio, que foi negativa (—450 kg/ha) na ausência do fósforo, passou a +302 kg/ha (+12%) na presença de  $p_1$  e a +426 kg/ha (+18%) na de  $p_2$ . A interação N x K não foi significativa.

b) **Efeitos de N, P e Ca** — Tal como no esquema anterior, o efeito principal N foi significativamente negativo e, o P, positivo (+50%) e significativo ao nível de 1%. Quanto ao calcário, seu efeito principal, +376 kg/ha, não foi significativo.

As interações N x P, N x Ca e P x Ca não foram significativas. Notou-se, porém, que o comportamento do fósforo, em relação ao nitrogênio, foi semelhante ao observado no esquema a; que a depressão causada pelo nitrogênio, de 674 kg/ha na ausência do calcário, na presença dêste diminuiu para tão somente 133 kg/ha, e que as respostas aos níveis 1 e 2 de fósforo, de respectivamente +670 e +589 kg/ha (+37 e +33%) na ausência do calcário, elevaram-se, na presença do corretivo, a +1 078 e +1 275 kg/ha (+59 e +70%). Por sua vez, as respostas ao calcário, de apenas +12 kg/ha (+1%) na ausência do fósforo, na presença das doses 1 e 2 dêsse nutriente passaram, respectivamente, a +420 e +698 kg/ha (+17 e +29%).

#### 4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O efeito do nitrogênio foi praticamente nulo em duas, das três experiências, e significativamente negativo na terceira, sendo que, nesta, a depressão aumentou linearmente com as doses empregadas. Tratando-se de áreas que estiveram incultas por muitos anos e estavam bem providas de matéria orgânica e nitrogênio, não seria de esperar reação satisfatória a êsse nutriente. Para os resultados obtidos devem ter con-

corrido, além dêsse fator, o modo de aplicação dos adubos, nos sulcos de plantio, ao ser êste efetuado, que reduziu os "stands" e provavelmente prejudicou o desenvolvimento inicial das plantas, bem como o emprêgo de sulfato de amônio, que certamente aumentou a acidez, já elevada, dos solos utilizados. Exemplo disso é a experiência de 1954-55, na qual o nitrogênio reduziu significativamente a produção. A depressão que êle causou, de 674 kg/ha na ausência do calcário, na presença dêste passou para tão somente 133 kg/ha. Não parece ter havido arrastamento do nitrogênio antes que as plantas o pudessem aproveitar, pois, em terras ácidas, a nitrificação do sulfato de amônio é muito lenta (1). Além disso, os solos das experiências eram argilosos.

Para o pequeno efeito médio do potássio também deve ter contribuído a aplicação do cloreto em contacto com as sementes. Não se notou redução nos "stands"; mas isso não quer dizer que as plantas tenham escapado a prejuízos de outra natureza, principalmente quando aquêle adubo foi empregado em conjunto com o nitrogenado, o que aumentou a concentração de sais. Outro fator foi a deficiência do solo em fósforo assimilável. Na experiência de 1954-55, na qual a interação  $P \times K$  se aproximou muito do nível de significância, a resposta ao potássio, que foi negativa na ausência do fósforo, correspondeu a + 12% na presença da menor e a + 18% na da maior dose dêsse elemento. A acidez das terras utilizadas, provavelmente agravada pela aplicação conjunta de sulfato de amônio, também deve ter influído para o pequeno efeito médio do potássio. Como êste nutriente não foi testado na presença de calcário, não se pode provar isso; observou-se, contudo, que na ausência do nitrogênio, mas na presença da dose 2 de fósforo, as respostas ao potássio foram sempre satisfatórias.

Ao contrário do que aconteceu com o nitrogênio e o potássio, o efeito médio do fósforo foi magnífico e altamente significativo em duas das experiências. Na de 1953-54 êsse efeito foi significativamente negativo; mas nessa experiência as produções foram muito irregulares e o coeficiente de variação atingiu 43%. Seja como fôr, na presença do calcário a dose 2 de fósforo aumentou consideravelmente a produção.

Em tôdas as experiências o efeito médio do calcário foi muito pequeno e não significativo. As interações  $N \times Ca$  e  $P \times Ca$  também não alcançaram o nível de significância. Poder-se-ia alegar que, além de se ter usado 1 t/ha, o corretivo foi aplicado tardiamente. Todavia, a causa principal do insucesso parece ter sido a deficiência do solo em um ou alguns nutrientes. O fato é que o efeito médio do calcário foi prejudicado, em tôdas as experiências, pelas respostas obtidas na ausência do fósforo (-30, -18 e +1%), pois na presença da dose 1 dêsse elemento elas corresponderam a -14, +17 e +19% e elevaram-se, na presença da dose 2, a +17, +29 e +46%.

Por sua vez, as respostas ao fósforo foram muito mais pronunciadas na presença do calcário. Mesmo na experiência de 1953-54, onde seu

efeito médio foi negativo, na ausência do calcário êle deprimiu a produção de 30%, ao passo que na presença do corretivo as respostas às doses 1 e 2 passaram, respectivamente, para + 19 e + 46%. Deixando de lado a experiência de 1953-54, cujo coeficiente de variação foi muito alto, na relação seguinte são apresentadas as médias das produções obtidas nas outras duas, nas quais o calcário e o fósforo se comportaram de maneira semelhante.

DOSES DE CALCÁRIO		<i>Produções, em kg/ha, com as doses de fósforo</i>		
		0	1	2
0	.....	1 636	2 284	2 461
1	.....	1 509	2 349	3 028

Observa-se que o efeito do calcário, negativo na ausência do fósforo, tornou-se ligeiramente positivo na presença da dose 1 dêsse elemento e elevou-se a + 567 kg/ha (+ 23%) quando empregado em conjunto com sua dose 2. Por sua vez, as respostas aos níveis 1 e 2 de fósforo, respectivamente + 648 e + 825 kg/ha (+ 40 e + 50%) na ausência do calcário, na presença dêste alcançaram + 840 e + 1 519 kg/ha (+ 56 e + 101%). Nota-se que, além de acentuar o efeito do fósforo, a presença do calcário aumentou a diferença a favor da sua dose 2.

É interessante assinalar que a soma das respostas ao calcário e ao fósforo (média dos dois níveis), empregados separadamente, foi + 609 kg/ha, ao passo que a resposta à aplicação conjunta de fósforo + calcário atingiu + 1 053 kg/ha. Tomando somente a dose 2 de fósforo, a soma das respostas a essa dose e ao calcário seria + 698 kg/ha, enquanto o efeito do conjunto fósforo + calcário se elevaria a + 1 392 kg/ha.

Em vista da ação perturbadora do nitrogênio, verificada nos ensaios, examinaram-se, também, os efeitos do fósforo e do calcário tomando apenas os seis tratamentos sem aquêle elemento. Em média das duas melhores experiências, as diferenças de respostas na ausência e na presença um do outro foram até mais pronunciadas do que as mencionadas anteriormente.

A julgar pelas produções dos canteiros que não receberam adubo fosfatado, nas condições das presentes experiências o calcário não mobilizou o fósforo do solo em tempo útil para o milho; ao contrário, em duas das experiências êle parece ter diminuído temporariamente a solubilidade do elemento em questão. O fato de ter o corretivo tornado muito mais acentuado o efeito da adubação fosfatada, ao invés de contradizer, reforça essa suposição, pois indica maior necessidade de fósforo trazido de fora.

Mesmo sem o concurso do fósforo nativo e admitindo que a aplicação simultânea do calcário e daquela adubação (a maior parte da qual foi empregada como farinha de ossos) tenha reduzido apreciavelmente a sua eficiência, é muito provável que, menos em um caso, as disponibilidades de fósforo assimilável ainda tenham sido superiores àquelas que as plantas podiam utilizar nas condições prevalecentes. Quanto ao maior efeito do fósforo na presença do calcário, bem pode ter sido uma conseqüência da melhoria geral do solo pelo corretivo, a qual, possibilitando maior desenvolvimento das plantas, aumentou também o aproveitamento daquele nutriente.

Enquanto nas experiências de 1953-54 e 1954-55 os níveis 1 e 2 de fósforo corresponderam, respectivamente, a 120 e 240 kg/ha de  $P_2O_5$ , na de 1952-53 eles foram de apenas 60 e 120 kg/ha. Nesta experiência é que, conforme indicado no parágrafo anterior, as disponibilidades de fósforo assimilável aparentemente tornaram-se insuficientes quando se empregou calcário em conjunto com a dose 1 daquele elemento. Mesmo na presença dessa dose, o efeito do calcário foi negativo e a resposta ao fósforo (60 kg/ha de  $P_2O_5$ ) praticamente não diferiu da obtida na ausência do corretivo; enquanto isso, na presença de 120 kg/ha de  $P_2O_5$  o calcário teve efeito positivo (+ 17%) e aumentou consideravelmente a resposta ao fósforo. Resultados semelhantes foram obtidos por Scarseth (2): em suas experiências o calcário aumentou a produção na presença de doses elevadas de fósforo, mas deprimiu-a quando empregado em conjunto com dose relativamente pequena desse elemento. Na terra utilizada por êsse autor, enquanto a insolubilização das doses maiores de superfosfato foi apenas parcial, a da menor foi completa.

Em suma, deixando de lado a experiência com elevado coeficiente de variação, nas outras duas o efeito do fósforo foi grande, sendo que a presença do calcário tornou ainda mais pronunciado o das suas maiores doses. Quanto ao do calcário, foi satisfatório na presença de quantidades elevadas de fósforo, mas nulo ou negativo na presença de doses moderadas desse elemento ou na sua ausência. Conviria, portanto, estudar como e quando aplicar o corretivo, de modo que êle manifeste seus múltiplos efeitos benéficos sem que se torne necessário o emprêgo de doses exageradas de fósforo.

#### FERTILIZER EXPERIMENTS WITH CORN IN THE PARAIBA VALLEY

#### SUMMARY

Three experiments were conducted at São José dos Campos, State of São Paulo, in an area of the Tumirim soil series, to study the effects of nitrogen, phosphorus, potassium, and lime on the corn crop. As one of the trials showed a high variation coefficient, the conclusions are mainly based on the results of the other two.

Nitrogen did not increase the yields and the effect of potash was very small. These results are perhaps due to the location of the trials in areas fallowed for a

long time, the strong acidity of the soils, the placement of the fertilizers in contact with the seed, and the use of ammonia-N. The effect of phosphorus was high, and the presence of lime enhanced that of its larger rates of application. As for lime, its effect was satisfactory in the presence of the higher quantities of phosphorus but none or negative in the presence of moderate rates of that nutrient or in its absence.

#### LITERATURA CITADA

1. GARGANTINI, H. & CATANI, R. Determinação do período de tempo para amonificação e nitrificação de diversos fertilizantes nitrogenados. *Bragantia* 16:[261] — 268. 1957.
2. SCARSETH, G. D. The mechanism of phosphate retention by natural aluminosilicate colloids. *J. Amer. Soc. Agron.* 27:596-616. 1935.
3. VERDADE, F. C., HUNGRIA, L. S., RUSSO, R. [e outros] Solos da bacia de Taubaté (Vale do Paraíba). *Bragantia* 20:[43] — 322. 1961.