

## EFEITO DA CALAGEM E DE DIVERSAS ADUBAÇÕES NA BATATA-DOCE E NO CARÁ, EM SOLOS DE BAIXA FERTILIDADE, DERIVADOS DO ARENITO BOTUCATU<sup>1</sup>

A. PAES DE CAMARGO, *engenheiro-agrônomo, Seção de Climatologia Agrícola*<sup>2</sup>, E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo*<sup>3</sup>, e W. R. VENTURINI, *engenheiro-agrônomo, Seção de Técnica Experimental, Instituto Agrônômico.*

### RESUMO

No presente trabalho são relatadas duas experiências realizadas em Santa Rita do Passa-Quatro, para estudar o efeito da calagem e de algumas adubações: sobre a batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam) e o cará (*Dioscorea alata* L.), em solos pobres, derivados do arenito Botucatu.

A primeira, conduzida por cinco anos consecutivos, foi instalada nas proximidades de uma baixada com solo arenoso, ácido, tendo elevado teor de matéria orgânica. Em números relativos, as respostas à calagem e à adubação com NPK foram enormes. Todavia, mesmo com o melhor tratamento (1,5 t/ha de calcário + NPK), as produções de batata-doce, nos quatro anos em que ela ocupou os canteiros, foram muito baixas, o que se atribui à imperfeita drenagem do terreno. No ano em que o cará figurou na experiência, porém, sua produção foi satisfatória, de sorte que o efeito daquele tratamento também foi grande em números absolutos.

O solo da segunda experiência, conduzida por três anos em terreno de meia encosta, também era arenoso, mas, bem drenado, menos ácido e com teor normal de matéria orgânica. Sua vegetação espontânea era típica de cerrado. Com os melhores tratamentos as produções de batata-doce foram satisfatórias e, as de cará, muito boas. Na ausência do calcário, os efeitos de duas adubações normais com NPK (uma puramente mineral e outra organomineral) e de uma terceira com 50 t/ha de estérco, foram muito bons e pouco diferiram entre si, nas culturas de batata-doce; na de cará, porém, o estérco se mostrou muito superior. Entretanto, na presença do calcário, as respostas e essas adubações, principalmente às duas primeiras, foram muito inferiores. Por sua vez, o calcário, que se mostrou benéfico na ausência das adubações, ficou,

1 Recebida para publicação em 22 de janeiro de 1962. Colaboraram na execução destas experiências os engs. agrs. M. Saraiva Júnior, J. Arlindo de Camargo Pacheco e Hélio Scaranari, que, sucessivamente, dirigiram a Estação Experimental de Santa Rita do Passa-Quatro. Os solos foram analisados na Seção de Química do Instituto Agrônômico.

2 As experiências foram realizadas quando este autor pertencia aos quadros da Seção de Raízes e Tubérculos, da mesma instituição.

3 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.

na presença destas, praticamente sem efeito. Um tratamento extra, sem calcário, de adubação verde com leguminosa, teve efeito equivalente ao do estêrco. Do estudo das produções e do solo concluíram os autores que, nas condições desta experiência, a dose anual de 3 t/ha de calcário foi excessiva, pois, além de outros possíveis efeitos nocivos, reduziu a solubilidade de alguns nutrientes essenciais.

## 1 — INTRODUÇÃO

Tendo Boock e Freire (1) relatado experiências de adubação da batatinha (*Solanum tuberosum* L.), realizadas na Estação Experimental de Santa Rita do Passa-Quatro, numa área representativa dos grandes tratos de "campos cerrados" existentes na região, os autores resolveram publicar, como contribuição ao estudo do assunto, os resultados obtidos em duas experiências semelhantes, nas quais figuraram, como plantas-teste, a batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.) e o cará (*Dioscorea alata* L.). Nessas experiências, que foram conduzidas entre 1945-46 e 1949-50, simultaneamente com as dos citados autores, e instaladas em áreas vizinhas, procurou-se determinar o efeito da calagem e de várias adubações em solos derivados do arenito Botucatu, com vegetação natural de cerrado.

Em trabalho anterior, Camargo (2) publicou resultados de 31 experiências de adubação para batata-doce, atinentes ao efeito dos elementos N, P e K nos principais tipos de solo existentes no Estado de São Paulo, mostrando que apenas nos casos de solos mais pobres obtiveram-se aumentos substanciais de produção. Todavia, apesar de terem sido elevados os aumentos percentuais de produção, os valores absolutos se mostraram muito baixos, tornando anti-econômica a adubação. Com as experiências ora relatadas procurou-se verificar os resultados das adubações mineral e orgânica, em solos de baixa fertilidade, quando associadas à calagem, durante anos sucessivos.

## 2 — PRIMEIRA EXPERIÊNCIA

### 2.1 — PLANO EXPERIMENTAL E EXECUÇÃO

Nesta experiência foram comparados, em um esquema fatorial 4x2, com quatro repetições, os tratamentos (1),  $c^1$ ,  $c_3$ ,  $c_5$ ,  $a$ ,  $c_1a$ ,  $c_3a$  e  $c_5a$ , nos quais (1) significa testemunha;  $c$ , calcário;  $a$ , adubação

com NPK. Os índices 1, 3 e 5 representam as doses de calcário (com 40% de CaO), respectivamente 0,5, 1,5 e 2,5 t/ha. A adubação com NPK, designada pelo símbolo *a*, constou de 60-100-40 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, sendo metade da dose de nitrogênio empregada na forma de salitre do Chile e metade na de torta de algodão; o fósforo, como super-fosfato simples; o potássio, como sulfato.

Instalada em 1945-46, a experiência foi repetida, nos mesmos canteiros, nos quatro anos seguintes. Nos três primeiros e no quinto anos os canteiros foram ocupados com batata-doce; no quarto, com cará. Os canteiros constaram sempre de cinco fileiras de 25 plantas, espaçadas de 0,80 x 0,35 m, sendo aproveitadas somente as três fileiras centrais, ou sejam 21 m<sup>2</sup>.

O calcário foi distribuído uniformemente em toda a área dos canteiros e incorporado ao solo, com enxada, oito meses antes do primeiro plantio e três a cinco meses antes dos três plantios seguintes; em 1949-50, isto é, no último ano, não mais se empregou esse corretivo. A adubação com NPK foi aplicada, todos os anos, cerca de uma semana antes do plantio, em sulcos sobre os quais se levantaram, em seguida, os camalhões onde se plantaram as ramas de batata-doce ou os tubérculos de cará.

Para os plantios de batata-doce, efetuados entre fins de outubro e princípios de janeiro, empregaram-se ramas com cerca de 30 cm; para o de cará, no fim de outubro, tubérculos inteiros ou cortados, com cerca de 80 g. Nos dois primeiros anos usou-se uma variedade local de batata-doce, denominada Santa Rita; nos demais, a variedade Dahomey, conhecida em São Paulo pelo nome de Viçosa. De cará, empregou-se a variedade Mimoso. Colheu-se a batata-doce com cerca de seis meses de idade; o cará, com nove meses.

A experiência foi instalada na parte final de uma encosta com pequeno declive, praticamente na baixada, numa área que há longo tempo estava abandonada à vegetação espontânea. O solo era preto, arenoso, ácido e tinha elevado teor de matéria orgânica. Dados detalhados da análise química, que foi feita ao terminar a experiência, serão apresentados no capítulo seguinte.

## 2.2 — RESULTADOS

Em primeiro lugar serão estudados os resultados obtidos com batata-doce.

A não ser no terceiro ano, os "stands" médios foram satisfatórios, oscilando entre 80 e 94% do "stand" perfeito; no terceiro ano essa média baixou para 52%. Nesse ano e no quinto, os canteiros testemunhas apresentaram "stands" bem mais reduzidos que nos demais; no segundo, porém, observou-se considerável redução nos canteiros que receberam calcário, NPK e, sobretudo, calcário + NPK, de sorte que tendo alcançado 95% no tratamento (1), os "stands" baixaram sucessivamente até 67% no tratamento  $c_5a$ .

QUADRO 1 — Produções obtidas com o emprêgo de 0,5, 1,5 e 2,5 t/ha de calcário (respectivamente tratamentos  $c_1$ ,  $c_3$  e  $c_5$ ), de uma adubação contendo 60-100-40 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (tratamento *a*) e de combinações desses fatores, em uma experiência conduzida por cinco anos nos mesmos canteiros, num terreno mal drenado (próximo de uma baixada) da Estação Experimental de Santa Rita do Passa-Quatro, e na qual figuraram as culturas de batata-doce e cará.

Tratamentos	1945-46 Bat.-doce	1946-47 Bat.-doce	1947-48 Bat.-doce	1948-49 Cará	1949-50 Bat.-doce	Médias Bat.-doce
	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>
(1) .....	0,17	0,08	0,17	6,35	0,53	0,24
$c_1$ .....	0,56	0,51	0,08	6,73	0,65	0,45
$c_3$ .....	0,53	0,75	0,17	6,99	0,74	0,55
$c_5$ .....	0,59	0,71	0,34	8,48	0,57	0,55
Médias .....	0,46	0,51	0,19	7,14	0,62	0,45
<i>a</i> .....	2,56	1,51	0,34	12,95	1,87	1,57
$c_1a$ .....	3,68	1,31	0,74	15,00	0,70	1,61
$c_3a$ .....	3,25	3,51	1,03	19,22	2,05	2,46
$c_5a$ .....	3,92	2,91	1,62	17,16	1,09	2,39
Médias .....	3,35	2,31	0,93	16,08	1,43	2,01

As produções se acham no quadro 1. Verifica-se que, em média dos quatro anos em que se plantou batata-doce, os efeitos dos tratamentos foram relativamente enormes: quando aplicados sòzinhos, o calcário dobrou a produção e a adubação com NPK sextu-

plicou-a; quando se empregaram calcário e NPK, ela decuplicou. Os resultados indicam que, tanto na ausência como na presença de NPK, a dose  $\beta$  de calcário (1,5 t/ha) foi suficiente. Em vista dessa constatação, a relação abaixo, que reúne os dados mais representativos da experiência, dá uma idéia dos resultados médios dos quatro anos.

DOSES DE CALCÁRIO	<i>Produção média de batata-doce, em t/ha</i>		
	<i>Sem NPK (<math>a_0</math>)</i>	<i>Com NPK (<math>a</math>)</i>	<i>Efeito de <math>a</math></i>
Sem calcário ( $c_0$ ) ..	0,24	1,57	+1,33
Com calcário ( $c_3$ ) ..	0,55	2,46	+1,91
Efeitos de $c_3$ .....	+0,31	+0,89	—

Os efeitos de  $c_3$  e de  $a$ , empregados sòzinhos, foram respectivamente +0,31 e +1,33 t/ha, e sua soma alcançou apenas +1,64 t/ha; todavia, a resposta à aplicação conjunta de  $c_3a$  atingiu +2,22 t/ha, mostrando que a presença de um fator exalçou o efeito do outro.

Não obstante os enormes efeitos relativos dos tratamentos estudados, nem de longe se conseguiu elevar a produção a níveis compensadores. Em vista disso, resolveu-se não fazer a análise estatística. Aliás, os dados estudados indicam que, pelo menos as diferenças entre as piores e as melhores produções não foram devidas ao acaso.

Conquanto se tenham classificado as raízes colhidas segundo os tipos comerciais, em face dos resultados obtidos na produção total basta mencionar, sumariamente, que, no conjunto dos quatro anos, o pêsco médio de uma raiz foi tão sòmente de 47 g nos canteiros testemunhas, mas elevou-se a 56 g nos que receberam  $c_3$ , a 68 g nos adubados com  $a$  e a 72 g nos que receberam  $c_3a$ .

Se a produção de batata-doce foi insignificante, já não aconteceu o mesmo com a do cará, que, nos melhores tratamentos, quase alcançou o rendimento normal para o Estado de São Paulo (20 a 30 t/ha), conforme se observa no quadro 1.

Na análise estatística das produções dessa cultura, plantada sòmente em 1948-49, o coeficiente de variação atingiu 31%. O efeito principal  $C$ , +2,61 t/ha, mostrou tendência linear, mas não al-

cançou significância. O efeito  $A$ , porém, elevou-se a  $+8,94$  t/ha e foi altamente significativo. Embora a interação  $C \times A$  não tenha sido significativa, deve-se notar que os aumentos de produção devidos ao calcário foram bem maiores na presença do que na ausência de NPK. Assim é que, tendo sido de apenas  $+1,05$  t/ha a resposta média ao corretivo empregado sozinho, na presença de NPK ela passou a  $+4,18$  t/ha; correspondentemente, enquanto na ausência do calcário a resposta a NPK foi de  $+6,60$  t/ha, na sua presença alcançou  $+9,73$  t/ha.

Em média dos tratamentos com e sem NPK, a maior produção foi atingida com a dose 3 de calcário. Assim sendo, a relação seguinte, que contém as produções dos tratamentos mais interessantes da experiência, mostra, sumariamente, como se comportou o cará.

DOSES DE CALCÁRIO	Produção de cará em t/ha		
	Sem NPK ( $a_0$ )	Com NPK ( $a$ )	Efeito de $a$
Sem calcário ( $c_0$ ) . . . .	6,35	12,95	+6,60
Com calcário ( $c_3$ ) . . . .	6,99	19,22	+12,23
Efeito de $c_3$ . . . . .	+0,64	+6,27	—

Observa-se que o efeito de  $c_3$ , de apenas  $+0,64$  t/ha na ausência de  $a$ , passou a  $+6,27$  t/ha na presença dessa adubação; e que o de  $a$ , de  $+6,60$  t/ha na ausência de  $c_3$ , na presença dêsse elevou-se a  $+12,23$  t/ha. Verifica-se também que, embora a produção, nos canteiros testemunhas, não tenha sido desprezível, como a de bata-doce, efeito da adubação com  $c_3a$  foi magnífico, tanto em números absolutos ( $+12,87$  t/ha) como em porcentagem da produção do tratamento testemunha ( $+203\%$ ); e, ainda, que a produção obtida com  $c_3a$  alcançou nível economicamente satisfatório.

Os tubérculos de cará foram classificados de acôrdo com os tipos comerciais: "graúdos", tendo mais de 1.500 g; "mercado", com 150 a 1.500 g; "miúdos", com menos de 150 g. Como os graúdos não passaram de 2%, em peso, sobre o total, foram reunidos aos do tipo mercado. A porcentagem dêsse conjunto atingiu 67 nos canteiros sem  $c$  e  $a$ , baixando sucessivamente para 56, 54 e 51 com as doses 1, 3 e 5 de calcário aplicadas sozinho; com a adubação  $a$  sozinho ela passou apenas para 69; contudo, elevou-se a 72 com  $c_1a$  e a 77  $c_3a$ , baixando novamente para 68 com  $c_5a$ .

Para estudar o efeito dos tratamentos sobre o pH do solo, tiraram-se amostras de todos os canteiros antes dos plantios e depois das colheitas de 1945-46 e 1946-47, bem como depois da colheita de 1948-49, isto é, respectivamente 8 e 16 meses após a primeira calagem, 5 e 12 meses após a segunda e 12 meses após a quarta (e última) calagem. Como nos dois primeiros anos agrícolas, as determinações feitas antes do plantio e depois da colheita diferiram muito pouco, a reunião delas permite obterem-se, para cada tratamento e cada um desses anos, médias de oito amostras. Ainda mais: enquanto a adubação com NPK aumentou um pouco o pH na ausência do calcário, na presença deste praticamente não o modificou; assim, para verificar o que mais interessa, que é o efeito do corretivo, podem-se tomar, nos dois primeiros anos, as médias (aritméticas) de 16 amostras para representarem os tratamentos sem calcário e 16 para cada uma das suas doses 1, 3 e 5. De acordo com o que foi dito, em 1948-49 esses tratamentos serão representados somente por 8 amostras. A relação abaixo mostra as alterações operadas na reação do solo durante a experiência.

TRATAMENTOS	1945-46	1946-47	1948-49
	pH	pH	pH
Sem calagem ( $c_0$ ) . . . . .	4,8	4,8	5,0
Calagem baixa ( $c_1$ ) . . . . .	5,1	5,2	5,4
Calagem média ( $c_3$ ) . . . . .	5,5	5,6	6,0
Calagem alta ( $c_5$ ) . . . . .	5,7	6,0	6,5

Conforme seria de esperar, o pH se elevou à medida que se aumentaram ou repetiram as doses anuais de calcário. Pouco se sabe sobre o pH mais apropriado às culturas em estudo, supondo-se, contudo, que ele varie em torno de 6 (3). Como nas determinações citadas se usou a relação solo:água 1:10, que geralmente fornece índices mais elevados que o pH internacional, dir-se-ia que, mesmo com a dose 5 de calcário, não se conseguiu a reação ótima no primeiro ano, e que esta só foi obtida no segundo, com a dose 5, e no quarto, com a dose 3. Mas o fato é que o pH ótimo depende também da natureza do solo, bem como de outros fatores, e os resultados obtidos indicam que, nas condições da experiência, a dose 3 foi suficiente, tanto para a batata-doce como para o cará.

Em agosto de 1950, após a quinta e última colheita, foram tiradas amostras do solo, mas somente de uma série de canteiros (uma amostra de cada tratamento). Tratando-se de um processo de amostragem julgado hoje insuficiente, não se entrará em detalhes, e para verificar o efeito da adubação com NPK, serão tomadas as médias das quatro amostras dos canteiros sem *a* (*t*, *e*<sub>1</sub>, *e*<sub>3</sub>, *e*<sub>5</sub>) e das quatro dos que receberam essa adubação (*a*, *e*<sub>1a</sub>, *e*<sub>3a</sub>, *e*<sub>5a</sub>); para ver o efeito da calagem, a média dos dois canteiros sem calcário (*t* e *a*) e a dos que receberam diferentes doses do corretivo (*e*<sub>1</sub> + *e*<sub>1a</sub> etc.). Os resultados se encontram no quadro 2. Deve-se dizer que o pH, nessas amostras, foi determinado com a relação solo:água 1:2,5, e ainda que, do tratamento (*t*), incluído no quadro para comparação, só foi examinada uma amostra.

QUADRO 2. — Resultados da análise efetuada após a última colheita da experiência resumida no quadro 1, para estudar os efeitos dos diversos tratamentos sobre as propriedades químicas do solo.

Características estudadas	Tratamento ( <i>t</i> )	Efeito de NPK ( <i>a</i> )		Efeito da calagem ( <i>c</i> )			
		Sem <i>a</i>	Com <i>a</i>	Sem <i>c</i>	Com <i>e</i> <sub>1</sub>	Com <i>e</i> <sub>3</sub>	Com <i>e</i> <sub>5</sub>
Matéria orgânica, %	7,2	8,2	8,8	9,5	8,3	7,9	8,3
N total, % . . . . .	0,18	0,21	0,23	0,21	0,22	0,22	0,22
PO <sub>4</sub> ---, e. mg <sup>(1)</sup>	0,94	1,05	1,86	1,45	1,47	1,22	1,69
K <sup>+</sup> , e. mg <sup>(2)</sup> . . . . .	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,06	0,10
Ca <sup>++</sup> , e. mg <sup>(2)</sup> . . . . .	0,81	4,00	3,64	1,07	1,98	5,75	6,46
Mg <sup>++</sup> , e. mg <sup>(2)</sup> . . . . .	0,46	0,47	0,42	0,41	0,33	0,64	0,41
H <sup>+</sup> , e. mg <sup>(2)</sup> . . . . .	18,3	20,7	21,9	20,2	20,6	21,7	22,7
Al <sup>+++</sup> , e. mg <sup>(2)</sup> . . . . .	6,00	3,59	5,91	8,57	5,96	2,70	1,73
Índice pH (int.) . . . . .	4,0	4,9	4,9	4,1	4,9	5,2	5,5
Índice de saturação	5,2	15,7	12,9	5,0	8,2	20,9	22,1

(1) Por 100 g de T.F.S.A., extraído em solução de ácido oxálico e oxalato de potássio.

(2) Trocável, por 100 g de T.F.S.A.

Tratando-se de amostragem deficiente, não devem ser consideradas pequenas diferenças. Enquanto a aplicação de NPK só provocou aumentos apreciáveis nos teores de fósforo e alumínio, a de calcário aumentou o teor de cálcio e diminuiu o de alumínio, elevando, considerável e consistentemente, o pH e o índice de saturação em bases.

A figura 1 mostra aspectos do desenvolvimento das ramas da batata-doce e do cará nos tratamentos (*t*) e *e*<sub>3a</sub>.



FIGURA 1. — Efeito da calagem e adubação com NPK sôbre o desenvolvimento das ramas de batata-doce e cará, na primeira experiência, instalada próximo à baixada. Em cima — aspecto de dois canteiros contíguos plantados com batata-doce no segundo ano-agrícola, em 1946-47, vendo-se à esquerda as ramas raquíticas no tratamento (1), testemunha, e à direita o vigoroso desenvolvimento das ramas no tratamento  $c_3 a$ , correspondente à aplicação de 2,5 t/ha de calcário e adubação completa NPK; em baixo — os mesmos canteiros plantados com cará no quarto ano-agrícola, em 1848-49.

### 3 — SEGUNDA EXPERIÊNCIA

#### 3.1 — PLANO EXPERIMENTAL E EXECUÇÃO

Os tratamentos estudados nesta experiência foram: (1), q, r, e, c, cq, cr, ce e v, nos quais (1) significa testemunha; q, adubação química; r, adubação com resíduos orgânicos e minerais; e, estêrco de cocheira; c, calcário; v, adubação verde. Enquanto os oito pri-

meiros tratamentos constituíram um esquema fatorial  $4 \times 2$ , *v* foi incluído como tratamento extra.

A adubação *q* constou de 60-100-40 kg/ha de  $N-P_2O_5-K_2O$ , sob as formas de salitre do Chile, superfosfato simples e cloreto de potássio. Aproximadamente as mesmas quantidades totais de elementos nutritivos foram usadas na adubação *r*, uma mistura de farinha de sangue, torta de algodão, resíduos de matadouro, farinha de ossos, cinzas de café e pequeno complemento de dolomita. De estêrco foram empregadas 50 t/ha; de calcário (com 40% de  $CaO$ ), 3 t/ha. Com adubo verde usou-se *Crotalaria spectabilis* Roth.

Tendo sido instalada em 1947-48, a experiência foi repetida, nos mesmos canteiros, nos dois anos seguintes. Em 1947-48 e 1949-50 os canteiros foram ocupados com batata-doce (variedade Dohomey); em 1948-49, com cará (variedade Mimoso). Os canteiros, com quatro repetições, tiveram sempre cinco fileiras de 20 plantas, com o espaçamento de 0,75 x 0,30 m, sendo aproveitadas somente as três fileiras centrais, correspondentes a 13,50 m<sup>2</sup>.

Empregou-se o calcário quatro a sete meses antes de cada plantio, distribuindo-o em tôda a área dos correspondentes canteiros e incorporando-o levemente ao solo, com enxada; o estêrco, 8-10 dias antes do plantio, em sulcos abertos nas linhas em que, a seguir, foram elevadas os camalhões destinados ao plantio. Para aplicar *q* e *r*, abriram-se, por ocasião do plantio, pequenos sulcos no cume dos camalhões, nos quais os adubos foram espalhados, incorporados ao solo e cobertos com terra. Esses adubos, bem como o calcário e o estêrco, foram empregados nos três anos. Quanto à *Crotalaria*, foi semeada, sem calagem e sem adubação, na primavera dos anos agrícolas anteriores àqueles em que a batata-doce figurou no ensaio, sendo incorporada ao solo por ocasião do florescimento, 6-7 meses antes do plantio da cultura econômica. O cará não teve o tratamento *v*.

O plantio da batata-doce foi efetuado no fim de dezembro ou princípio de janeiro; o do cará, no fim de outubro. Colheu-se a primeira cultura com seis meses de idade; a segunda, com nove meses.

Instalou-se a presente experiência a cêrca de um quilômetro da relatada no capítulo 2, numa área bem drenada e com vegetação típica dos cerrados da região. O solo, que também era arenoso, só foi analisado depois da última colheita, razão por que detalhes sôbre o assunto serão apresentados no capítulo seguinte. Deve-se adiantar,

contudo, que, em comparação com o da primeira experiência, êle tinha coloração avermelhada e muito menor teor de matéria orgânica, mas era menos ácido e melhor provido de nutrientes outros que não o nitrogênio.

### 3.2 — RESULTADOS

Os "stands" foram satisfatórios e, com os melhores tratamentos, as produções de batata-doce atingiram a média geral do Estado de São Paulo e as de cará ultrapassaram essa média. Detalhes sôbre as produções de cada tratamento e cultura se acham no quadro 3.

QUADRO 3. — Produções de batata-doce e cará obtidas em uma experiência conduzida por três anos nos mesmos canteiros, num terreno bem drenado (de meia encosta) da Estação Experimental de Santa Rita do Passa-Quatro, e na qual, além de um tratamento extra *v*, foram estudados, em esquema fatorial, os tratamentos (*l*), *q*, *r*, *e*, *c*, *cq*, *cr* e *ce*, sendo que (*l*) significa testemunha; *q*, adubação química com 60-100-40 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O; *r*, iguais doses de nutrientes fornecidos por resíduos orgânicos e minerais; *e*, 50 t/ha de estêrco; *c*, 3 t/ha de calcário; *v*, adubação verde com *Crotalaria spectabilis* Roth.

Tratamentos	1947-48	1948-49	1949-50	Médias de	
	Bat.-doce	Cará	Bat.-doce	1947-48 e 1949-50	Bat.-doce
	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>	<i>Índices</i>
( <i>l</i> )	7,94	32,01	5,18	6,56	100
<i>q</i>	15,85	38,61	12,78	14,32	218
<i>r</i>	12,48	40,48	10,09	11,28	172
<i>e</i>	15,42	54,37	15,09	15,25	232
Médias ..	12,92	41,37	10,79	11,85	—
<i>c</i>	9,74	38,44	8,05	8,90	136
<i>cq</i>	16,76	36,61	12,96	14,86	227
<i>cr</i>	15,24	41,37	12,72	13,98	213
<i>ce</i>	17,53	52,59	13,33	15,43	235
Médias ..	14,82	42,25	11,77	13,29	—
<i>v</i>	20,11	—	11,67	15,89	242

Em média dos dois anos em que a batata-doce figurou na experiência, os canteiros sem calcário e sem adubos produziram tão somente 6,56 t/ha, ao passo que nos adubados com *er*, *cq*, *ce* e *v* as

produções se elevaram, respectivamente, a 13,98, 14,86, 15,43 e 15,89 t/ha. Os aumentos provocados por êsses tratamentos oscilaram, portanto, entre 113 e 142%.

Examinando a parte fatorial da experiência, verifica-se que somente em 1947-48 o efeito médio ( $t$ ), +1,90 t/ha, se mostrou significativo; em 1949-50 êsse efeito baixou para 0,98 t/ha. A interação calcário x adubos não foi significativa em qualquer dos anos.

As diferenças entre as médias dos tratamentos sem adubos e as dos que receberam as adubações  $q$ ,  $r$  e  $e$  foram altamente significativas nos dois anos, sendo que as respostas a essas adubações atingiram, respectivamente, +7,46, +5,02 e +7,63 t/ha no primeiro ano e +6,25, +4,78 e +7,59 t/ha no último. Nos dois anos,  $q$  e  $e$  se mostraram estatisticamente equivalentes e superiores a  $r$ . Quanto ao tratamento extra, com  $v$ , em 1947-48 foi superior à média dos outros, mas baixou consideravelmente em 1949-50, tornando-se equivalente a essa média.

Respectivamente no primeiro ano e no último, os coeficientes de variação foram de 14 e 24%.

Nos dois anos as raízes de batata-doce foram classificadas segundo os tipos comerciais: graúdas, tendo mais de 800 g; "mercado", com 80 a 800 g; miúdas, com menos de 80 g. A proporção de raízes graúdas foi insignificante. O conjunto dos dois melhores tipos (graúdas e mercado) alcançou, em média de todos os tratamentos, 89% no primeiro ano, 83% no último e 85% na média dos dois anos. O efeito do calcário foi muito pequeno, pois as médias obtidas sem e com o corretivo atingiram 83 e 87%; nos tratamentos ( $t$ ),  $q$ ,  $r$  e  $e$  elas foram, respectivamente, 80, 84, 87 e 89%; no que recebeu  $v$ , 85%.

As produções de cará foram muito boas: mesmo no tratamento ( $t$ ) ela atingiu 32,01 t/ha; nos adubados com  $q$ ,  $r$  e  $e$  (sem calcário), elevaram-se a, respectivamente, 38,61, 40,48 e 54,37 t/ha.

O efeito principal ( $t$ ) foi praticamente nulo. Todavia, deve-se notar que, aplicado sozinho ( $e - (t)$ ), o calcário aumentou a produção de 6,43 t/ha (20%), ao passo que na presença dos adubos seu efeito foi nulo ou ligeiramente negativo.

A diferença entre a média dos tratamentos sem adubos e a dos adubados mostrou-se significativa ao nível de 5%. A resposta média a  $e$ , +18,26 t/ha, superou, ao nível de 1%, as de  $q$  e  $r$ , que foram, respectivamente, de +2,39 e +5,71 t/ha. Na presença do calcário o efeito de  $q$  foi negativo (-5%), o de  $r$  muito pequeno (+8%)

e o de  $e$  alcançou somente +14,15 t/ha (+37%); na ausência do corretivo, porém, os efeitos de  $q$ ,  $r$  e  $e$  se elevaram, respectivamente, a +6,60, +8,47 e +22,36 t/ha (+21, +26 e +70%).

O coeficiente de variação foi de 18%.

Os tubérculos de cará foram classificados de acordo com os tipos comerciais (v. capítulo 2.2). Como a proporção de grãos, no melhor caso, só atingiu 2%, em peso, sobre a produção, a soma dos dois melhores tipos (grãos e mercado) facilita as comparações. Nesse conjunto, o efeito do calcário, tanto empregado sozinho como na presença dos diversos adubos, foi sempre positivo, mas muito pequeno, pois, em média de todos os tratamentos sem e com o corretivo, as porcentagens atingiram, respectivamente, 72 e 76. Dos adubos estudados, somente o estérco teve efeito apreciável, elevando a porcentagem de 72 para 80.

No fim de dezembro de 1950, alguns meses depois da terceira e última colheita, foram tiradas amostras do solo, seguindo-se o processo usado na experiência anterior. Por isso mesmo, somente o efeito da calagem pode ser verificado com bastante segurança, pois as médias citadas representam quatro repetições ( $(1) + q + r + e$  contra  $e + eq + er + ee$ ). Para ter uma idéia da influência de  $q$ ,  $r$  e  $e$  tomaram-se as médias dessas adubações aplicadas sozinho ou na presença do calcário (duas repetições). Os resultados constam do quadro 4, no qual se incluíram, para comparação, os dados relativos à única amostra tirada num dos canteiros (1).

QUADRO 4. — Resultados da análise efetuada após a última colheita da experiência resumida no quadro 3, para estudar os efeitos dos diversos tratamentos sobre as propriedades químicas do solo.

Características estudadas	Tratamento (1)	Efeito das adubações (q, r, e)				Efeito da calagem (c)	
		(1)+c	q+cq	r+cr	e+ce	Sem c	Com c
Matéria orgânica, %	1,39	1,42	1,52	1,17	1,83	1,43	1,55
N total, %	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
PO <sub>4</sub> ---, e. mg <sup>(1)</sup>	0,89	0,96	1,80	1,14	1,23	1,33	1,23
K <sup>+</sup> , e. mg <sup>(2)</sup>	0,06	0,06	0,14	0,09	0,12	0,10	0,10
Ca <sup>++</sup> , e. mg <sup>(2)</sup>	1,41	3,63	5,00	4,04	5,41	2,42	6,62
Mg <sup>++</sup> , e. mg <sup>(2)</sup>	0,81	0,75	0,72	0,73	0,88	0,85	0,69
H <sup>+</sup> , e. mg <sup>(2)</sup>	6,24	4,52	4,89	4,38	4,73	6,26	3,00
Al <sup>+++</sup> , e. mg <sup>(2)</sup>	1,18	0,66	0,14	0,21	0,22	0,48	0,14
Índice pH (int.)	5,1	6,0	6,3	6,4	6,5	5,6	7,0
Índice de saturação	23,5	46,2	53,8	51,4	56,7	33,0	70,2

(1) Por 100 g de T.F.S.A., extraído em solução de ácido oxálico e oxalato de potássio.  
(2) Trocável, por 100 g de T.F.S.A.

Apontando sòmente as diferenças mais importantes, deve-se dizer que a calagem, tendo modificado pouco os teores de potássio, e magnésio, aumentou muito o de cálcio e diminuiu os de hidrogênio e alumínio, provocando, assim, considerável elevação do índice de saturação em bases e do pH. As adubações *q*, *r* e *e* aumentaram os teores de fósforo, potássio e cálcio, diminuíram o de alumínio e elevaram um pouco o índice de saturação e o pH, sendo que *e* também provocou apreciável aumento da porcentagem de matéria orgânica. A adubação *v*, que não consta do quadro 4, porque sua influência só foi verificada em um canteiro, parece ter aumentado os teores de matéria orgânica, cálcio e potássio, reduzido o de alumínio e melhorado um pouco o índice de saturação.

#### 4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Na primeira experiência, os efeitos da calagem e da adubação com NPK foram bastante acentuados. Em média dos quatro anos em que a batata-doce ocupou os canteiros, os aumentos de produção provocados pelas doses mais convenientes corresponderam, respectivamente, a 129 e 554% quando o calcário e a adubação com NPK foram aplicados sòzinhos, e a 925% quando se empregou calcário +NPK. Mesmo assim, nos melhores anos e com os melhores tratamentos, as produções não chegaram a 4 t/ha, isto é, corresponderam tão sòmente a uns 25% da produção média do Estado de São Paulo.

Entretanto, a produção de cará, no ano em que êle figurou na experiência, com os melhores tratamentos aproximou-se do nível médio do Estado. Nesta cultura, o efeito do calcário, embora muito pequeno na ausência de NPK, tornou-se magnífico na presença dessa adubação. Por sua vez, a resposta a NPK, conquanto muito boa na ausência do calcário, foi muito maior na presença do corretivo, de sorte que o aumento provocado pela aplicação conjunta de calcário+NPK (tratamento *e<sub>3a</sub>*) correspondeu a 203% da produção do tratamento testemunha.

Nos dois primeiros anos dessa experiência usou-se uma variedade local de batata-doce, denominada Santa-Rita, muito pouco produtiva; além disso, é conhecido que a produção dessa planta cai muito quando ela é cultivada continuamente no mesmo terreno. Mas o fato é que no primeiro ano de cultura a produção já foi insignifi-

cante, o mesmo acontecendo no terceiro, quando se usou uma boa variedade (Dahomey), e no último, quando a batata-doce (variedade Dahomey) foi precedida pelo cará.

Na área utilizada para a experiência o solo tinha elevado teor de matéria orgânica, mas era muito ácido e pobre de nutrientes outros que não o nitrogênio. Contudo, as aplicações de calcário e NPK corrigiram, em grande parte, essas deficiências, parecendo, assim, que não se deve a estas a baixíssima produção de batata-doce, verificada consistentemente nos quatro anos em que foi plantada. Observou-se, todavia, que, nas épocas mais chuvosas, o solo em estudo tendia a encharcar. Isso justifica a suposição de que a imperfeita drenagem do terreno na área da experiência tenha sido a principal causa do insucesso da batata-doce, mais sensível, nesse sentido, que o cará.

Na segunda experiência, instalada em solo com teor de matéria orgânica aproximadamente normal (para terras arenosas), menos ácido e melhor provido de nutrientes minerais, os efeitos das adubações foram, relativamente, menores do que na primeira. As produções, porém, atingiram níveis muito mais elevados, de sorte que, em números absolutos, as respostas foram geralmente muito melhores.

Assim é que, em média dos dois anos de batata-doce, a produção dos canteiros sem calcário e sem adubos foi de 6,56 t/ha, ao passo que as dos melhores tratamentos oscilaram entre 13,98 e 15,89 t/ha. O efeito médio do calcário foi de apenas +12%, sendo que, em regra, a presença dos adubos concorreu para reduzi-lo. As respostas às adubações *q*, *r* e *e*, respectivamente +5,96, +5,08 e +6,53 t/ha na presença do calcário, na ausência deste alcançaram +7,76, +4,72 e +8,69 t/ha (+118, +72 e +132%). Quanto ao tratamento extra, com adubação verde, que só foi aplicada na ausência do calcário, seu efeito, em média dos dois anos, atingiu +9,33 t/ha (+142%).

No que se refere ao cará, mesmo nos canteiros sem calagem e sem adubos sua produção foi muito boa, de 32,01 t/ha, e os adubados produziram entre 38,61 e 54,37 t/ha. Nesta cultura o efeito médio do calcário foi praticamente nulo; contudo, enquanto a resposta ao corretivo foi desprezível na presença dos adubos, na ausência deles alcançou +20%. Os efeitos das adubações *q*, *r* e *e*, respectiva-

mente -5, +8 e +37% na presença do calcário, na sua ausência elevaram-se a +21, +26 e +70%.

Verifica-se que na segunda experiência, ao contrário do que aconteceu na primeira, a calagem aumentou apreciavelmente a produção na ausência dos adubos; na presença destes, porém, seu efeito foi nulo ou depressivo. Correspondentemente, as respostas aos adubos foram sempre menores, por vêzes muito menores, na presença do calcário.

O pH do solo, no final da experiência, era 5,1 nos canteiros testemunhas e elevou-se a 7,0 nos que receberam calcário + adubos. Conquanto se suponha que o pH mais adequado para a batata-doce e o cará gire em tórno de 6,0 (3), não é provável que sua elevação para 7,0 tenha sido prejudicial, mesmo porque, paralelamente, a calagem provocou vários efeitos considerados benéficos e expressos, em seu conjunto, pelo índice de saturação em bases, que passou de 33 para 70. Demais, quando empregado sozinho, o calcário elevou o pH a 6,9, e, no entanto, aumentou as produções, principalmente a de cará.

É verdade que o solo só foi analisado cêrca de 18 meses após a última aplicação de calcário, depois de longo período chuvoso, que certamente o difundiu por camadas mais profundas. Quer isso dizer que a análise não revelou o que ocorreu na fase mais aguda da conhecida influência nociva da calagem excessiva ("overliming injury") (4, 5). É bem possível, portanto, que na ocasião dos plantios e durante o desenvolvimento das plantas o solo dos canteiros que receberam calcário ainda estivesse naquela fase, sobretudo no caso do cará, que foi adubado e plantado cêrca de quatro meses após a calagem, sem período chuvoso de permeio. E de fato foi nessa cultura que o calcário, embora beneficiasse a produção quando empregado sozinho, prejudicou com mais intensidade o efeito das adubações, principalmente o de *q*.

Uma das conseqüências da calagem excessiva é a redução da solubilidade de certos nutrientes. Geralmente êsse efeito é temporário (5); no presente caso, porém, êle ainda pôde ser observado 18 meses depois da última aplicação, pois os solos dos canteiros tratados com *q* e *eq* tinham, respectivamente, 2,17 e 1,43 e. mg de  $PO_4^{---}$  solúvel, bem como 0,15 e 0,12 e. mg de  $K^+$ , 0,83 e 0,61 e. mg de  $Mg^{++}$  trocáveis. Reduções semelhantes, embora menos acentuadas, foram observadas comparando-se os canteiros que receberam *r* e *er*. Nos adubados com *e* é que a adição de calcário não modificou as dispo-

nibilidades de potássio e magnésio e aumentou um pouco a de fósforo, o que certamente se deve à ação protetora da matéria orgânica (4), e, também, às quantidades mais elevadas de nutrientes que o estêrco levou ao solo.

Parece, assim, que a aplicação, por três anos consecutivos, de 3 t/ha de calcário, foi excessiva para o solo em estudo, que, embora bastante ácido, não possuía suficiente quantidade de colóides, pois era arenoso e tinha pequeno teor de matéria orgânica. Na primeira experiência, em solo também arenoso, a dose anual de 2,5 t/ha de calcário não chegou a ser prejudicial — talvez porque a terra era mais ácida e tinha elevado teor de matéria orgânica — mas não aumentou a produção em relação à provocada pela dose de 1,5 t/ha.

Essas considerações explicam por que, na segunda experiência, o efeito dos adubos foi muito menor na presença do calcário. Elas também justificam, em parte, a superioridade do estêrco em relação aos adubos *q* e *r*, superioridade essa pouco acentuada na cultura da batata-doce, mas enorme na do cará. Outra parte dessa superioridade vem, certamente, do fato de ter o estêrco fornecido muito maiores quantidades de nutrientes. Não se analisou o material utilizado; todavia, tomando a média do produzido em nosso meio, pode-se calcular que, na dose empregada, êle deve ter levado ao solo, anualmente, cêrca de 1,5 vêzes a quantidade de fósforo, 3-4 vêzes a de nitrogênio e 4-5 vêzes a de potássio contidas nas adubações *q* e *r*.

Efeito notável, na segunda experiência, foi o da adubação verde com *Crotalaria spectabilis*, que só foi usada na batata-doce. No primeiro ano essa adubação se mostrou superior a qualquer das outras; no último, conquanto seu efeito baixasse consideravelmente, ainda correspondeu aos dos outros adubos, de sorte que, em média dos dois anos, foi equivalente ao do estêrco. Tratando-se de uma terra ácida e pobre, não se deveria esperar que a leguminosa, que não recebeu calcário nem qualquer adubação, se desenvolvesse a ponto de produzir tal efeito. É possível, contudo, que suas raízes tenham atingido camadas do solo menos deficientes que a analisada, e, com isso, além de enriquecer a camada superficial de matéria orgânica e nitrogênio, a leguminosa tenha transportado para ela quantidades apreciáveis de outros nutrientes. Pelo menos no que toca ao cálcio e ao potássio, a análise revelou que os teores trocáveis dêsse elementos se tornaram bem mais elevados no solo dos canteiros que tiveram adubação verde.

Em solos como os estudados, não é bastante saber-se quais as adubações mais eficientes; não menos importante é verificar se, com essas adubações, êles poderão produzir compensadoramente. A segunda experiência mostrou que em dois, dos três anos em que ela foi conduzida, nos melhores tratamentos as produções de batata-doce se elevaram ao nível da média obtida no Estado de São Paulo e, no outro ano, a produção de cará foi mesmo superior à correspondente média. Na primeira experiência, porém, enquanto a produção de cará, embora menor do que na segunda, correspondeu à média do Estado, a de batata-doce fracassou completamente. Como isso foi observado em quatro anos, supõe-se que não se trata de condições climáticas ocasionalmente desfavoráveis à batata-doce. Reforça essa suposição o fato de, em 1947-48 e 1949-50, se ter usado, nas duas experiências, a mesma variedade (Dahomey), e efetuado os plantios com diferença de poucos dias. Por conseguinte, se as produções foram satisfatórias na segunda experiência e péssimas na primeira, é porque o solo utilizado para esta era impróprio à batata-doce, o que se atribui principalmente à deficiente drenagem. Deve-se acrescentar que a produção de cará, plantado em 1948-49 em idênticas condições nas duas experiências, não alcançou, na primeira, a metade da obtida na segunda.

As produções satisfatórias de batata-doce e cará, obtidas na segunda experiência, que foi conduzida em solo com vegetação de cerrado, reforçam as conclusões de Boock e Freire (1), sôbre o aproveitamento de tais solos, e mostram que êstes podem diferir consideravelmente quanto à sua adaptabilidade às diversas culturas. Elas também indicam que muitas dessas áreas podem ser fácil e economicamente aproveitadas, apenas com a elevação do seu nível de fertilidade, ao passo que outras necessitam, além disso, dispendiosos trabalhos de melhoramento, sômente recomendáveis quando o valor local da terra os justificar.

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH SWEET POTATOES AND YAMS IN  
"ARENITO BOTUCATU" SOILS

**SUMMARY**

In this paper are reported the results of tow experiments located on poor soils, derived from the Botucatu sandstone, to study the effects of liming and some fertilizers on the yields of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Lam.) and yams (*Dioscorea alata* L.).

In one of the trials, conducted on an acid sandy soil high in organic matter, the responses to lime and a NPK-fertilizer were relatively very high. However, even with

the best treatment (lime + NPK) the yields of sweet potatoes were very poor, apparently due to deficient drainage of the experimental area; notwithstanding, yams yielded fairly well, so that the effect of that treatment was also good in absolute values.

The soil of the other experiment was likewise sandy and acid, but well drained and low in organic matter. With the better treatments, which included two different NPK-fertilizers, manure and green-manuring with leguminous, the yields of sweet potatoes and principally those of yams were very good. The responses to the mentioned treatments were also good in the absence of lime, but decreased considerably in its presence. Accordingly, liming, that was fairly effective in the absence of the fertilizers, did not increase the yields in their presence. The study of the yields and of the soil indicated that, under the conditions of this experiment, the dose of 3 tons of lime per hectare per year was excessive, inducing the so-called overliming injury.

#### LITERATURA CITADA

1. BOOCK, O. J. & FREIRE, E. E. Adubação da batatinha — Experiências em solos de baixa fertilidade. *Bragantia*. 20: 759-775. 1961
2. CAMARGO, A. PAES DE. Adubação da batata-doce. Parte I — Efeito da adubação mineral. *Bragantia* 11: 55-79. 1951.
3. IGNATIEFF, V. & PAGE, H. J., ed. Efficient use of fertilizers. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1958. 355 p.
4. MIDGLEY, A. R. Overliming acid soils. *J. Amer. Agron.* 24:822-836. 1932.
5. PIERRE, W. H. & BROWNING, G. M. The temporary injurious effect of excessive liming of acid soils and its relation to the phosphate nutrition of plants. *J. Amer. Soc. Agron.* 27: 742-759. 1937.