



# BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 38

Campinas, fevereiro de 1979

N.º 3

## ADUBAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

### XV — EXPERIMENTOS COM MICRONUTRIENTES NAS REGIÕES CANAVIEIRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1)

RAPHAEL ALVAREZ, engenheiro-agrônomo, *Seção de Cana-de-Açúcar*, ANTONIO CARLOS PIMENTEL WUTKE, engenheiro-agrônomo, *Seção de Fertilidade do Solo*, HERMANO VAZ DE ARRUDA, engenheiro-agrônomo, *Estação Experimental de Ribeirão Preto*, e GENTIL GODOY JUNIOR, engenheiro-agrônomo, *Seção de Cana-de-Açúcar, Instituto Agrônomo*

#### SINOPSE

São apresentados os resultados de 23 experimentos em regiões canavieiras paulistas, para avaliar possíveis respostas da cana-de-açúcar a micronutrientes. Fizeram-se aplicações isoladas de sulfato ferroso, tetraborato de sódio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês e molibdato de amônio, nos sulcos de plantio e na presença de adubação NPK

Em apenas um dos experimentos verificou-se efeito significativamente favorável à aplicação de micronutrientes, no caso, cobre e molibdênio. Com base nos resultados obtidos, corroborados por análises foliares em trabalho paralelo e conduzido à mesma época, concluiu-se que, nas condições do ensaio, deficiências de micronutrientes não constituem problema para a lavoura canavieira no Estado de São Paulo.

#### 1. INTRODUÇÃO

A exploração continuada das glebas agricultáveis no Estado de São Paulo, com o emprego de corretivos e aplicações de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, tem afetado a disponibilidade de micronutrientes das plantas. Tal fato se tem evidenciado através da sinto-

matologia típica de deficiências nutricionais, que têm prejudicado sensivelmente não só a produção de algumas plantas de exploração econômica como a qualidade de seus produtos.

A constatação de tais deficiências tem-se tornado mais freqüente

(1) Recebido para publicação em 13 de junho de 1977.

em nossas culturas e, se em alguns casos essas anomalias ocorrem esporadicamente (5, 8), em outros — particularmente em solos de baixa fertilidade — manifestam-se consistentemente (6, 7), de modo que a aplicação de micronutrientes, quer no solo, quer em pulverizações foliares, tem-se tornado prática rotineira, já incorporada ao processo produtivo em tais condições.

A cultura da cana-de-açúcar constituía exceção nesse quadro geral, uma vez que nas lavouras não eram constatados sintomas visíveis de deficiências de micronutrientes. Considerando, todavia, que os primeiros sintomas podem não ser visíveis externamente, como verificado com o boro por Walker (in COLLINGS, 3). ALVAREZ & WUTKE (1) em 1960, conduziram um trabalho exploratório com vistas a obter informações preliminares sobre a reação da cana-de-açúcar à aplicação de micronutrientes, em condições de campo e em solos muito explorados com essa gramínea em São Paulo. Em um desses experimentos, verificou-se efeito favorável e altamente significativo à aplicação de alguns micronutrientes, proporcionando os seguintes acréscimos de produção, em toneladas por hectare: B: 21,6; Mo: 12,0; Fe: 11,6 e Cu: 8,3. Tais resultados, particularmente com relação ao boro, mostraram-se de certa forma surpreendentes, considerando-se os elevados acréscimos proporcionados a uma produção já bastante satisfatória do tratamento testemunha — NPK, no caso — e que foi de 124t/ha, e considerando-se, ainda, a ausência de sintomas externamente visíveis de deficiências desses micronutrientes nas plantas.

Diante da possibilidade de um comportamento diferencial da cultura com relação à aplicação de micronutrientes em diferentes tipos de solos, para melhor abordagem do problema planejou-se um estudo mais amplo, constando de 23 experimentos conduzidos nas regiões canavieiras paulistas.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Os experimentos foram instalados em várias usinas do Estado de São Paulo e na Estação Experimental do Instituto Agrônomo, em Piracicaba, em diferentes unidades de solos havia muitos anos explorados com a cultura da cana-de-açúcar. Na escolha desses locais, cuidou-se de assegurar ampla variação de características relacionadas com a disponibilidade dos micronutrientes e que já são sobejamente conhecidas, como é o caso da acidez do solo. Os números de identificação dos experimentos, suas respectivas localizações e indicação das unidades de solo (2) correspondentes encontram-se no quadro 1.

Os tratamentos, distribuídos em blocos ao acaso e com quatro repetições, foram os seguintes: 1.º testemunha geral; 2.º NP; 3.º NK; 4.º PK; 5.º NPK; 6.º NPK + Fe; 7.º NPK + B; 8.º NPK + Cu; 9.º NPK + Zn; 10.º NPK + Mn; 11.º NPK + Mo. Os tratamentos de números 2 a 4 deverão constituir assunto de outro trabalho, uma vez que foram incluídos no delineamento para oferecer indicações suplementares a estudos de calibração da adubação NPK, conduzidos anterior e concomitantemente. O tratamento de

QUADRO I. — Relação dos experimentos, com sua localização e respectivas unidades de solo

N.º do Exper.	Município	Usina	Gleba	Solo
1	Nova Europa	Itaqueré	Luisão	Latossolo roxo
2	"	"	Jacaré	" "
3	"	"	Santa Vera	" "
4	Tapiratiba	Itaquara	Barra	Latossolo vermelho-amarelo, orto
5	"	"	Campo Alegre	" "
6	"	"	Retiro	" "
7	Guariba	São Martinho	Iamaniche	Latossolo roxo
8	"	"	Aparecida	" "
9	"	"	São Paulo	" "
10	"	"	Magalhães	Latossolo vermelho-amarelo, fase arenosa
11	Araraquara	Tamoio	Andes	Latossolo roxo
12	"	"	Barreiro	" "
13	"	"	Beatriz	" "
14	Piracicaba	E. E. Piracicaba	—	Latossolo vermelho-escuro, orto
15	Sertãozinho	São Francisco	Santa Olinda	Latossolo roxo
16	"	"	IV Centenário	" "
17	Barra Bonita	Barra	Riachuelo	" "
18	"	"	Nova Sorrento	" "
19	Penápolis	Campestre	Santo Antônio	Podzolizados, variação Lins
20	Cosmópolis	Ester	Carandina	Latossolo vermelho-escuro, orto
21	"	"	Cachoeira	" "
22	Sertãozinho	Santa Elisa	Santa Lúcia	Latossolo roxo
23	"	"	Faria	" "

número 5 (NPK) é básico para avaliar os efeitos daqueles macronutrientes por falta e dos micronutrientes por adição. Por tal razão, o referido tratamento foi repetido duas vezes em cada bloco.

As características químicas de amostras compostas dos solos dos

locais onde foram instalados os experimentos e que foram retiradas até a profundidade de 30cm, encontram-se no quadro 2.

Cada parcela constou de cinco linhas de 8m de comprimento, considerando-se apenas três linhas centrais na colheita. A adubação básica,

QUADRO 2. — Resultados analíticos das amostras compostas dos solos dos experimentos

Experimentos		Matéria orgânica %	pH	meq/100ml de T.F.S.A.			mg/ml de T.F.S.A.	
N.º	Usina			Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K	P
1	Itaquerê	4,9	5,7	0,0	7,6	1,5	126	2
2	"	4,0	5,7	0,0	8,3	2,9	92	3
3	"	2,9	5,3	0,0	2,7	1,1	61	3
4	Itaiquara	3,5	4,3	0,7	1,3	0,3	42	10
5	"	3,9	4,6	0,1	2,8	0,4	32	4
6	"	4,2	5,2	0,0	3,5	0,6	53	7
7	São Martinho	5,7	5,8	0,0	6,4	1,8	160	12
8	"	5,1	6,0	0,0	5,9	1,7	188	3
9	"	4,3	5,4	0,0	4,4	1,6	95	4
10	"	3,7	4,0	1,2	0,7	0,1	39	4
11	Tamoio	5,0	5,8	0,0	4,8	1,9	130	6
12	"	4,5	5,0	0,2	1,8	0,6	58	6
13	"	4,4	5,3	0,0	3,6	1,2	83	8
14	E. E. Piracicaba	3,2	5,6	0,1	1,8	0,6	31	3
15	São Francisco	3,5	5,3	0,3	0,9	0,2	60	2
16	"	4,1	5,8	0,0	3,5	1,2	44	3
17	Barra	1,6	5,0	0,4	0,9	0,2	19	9
18	"	1,9	4,9	0,4	0,7	0,2	34	16
19	Campestre	2,1	4,5	0,5	0,7	0,3	58	4
20	Ester	3,7	4,9	0,8	0,5	0,1	90	8
21	"	4,3	5,4	0,1	3,3	1,2	237	13
22	Santa Elisa	3,6	5,4	0,1	1,3	0,9	41	3
23	"	4,6	5,8	0,0	3,5	1,3	41	4

QUADRO 3. — Médias das produções de cana-planta, em toneladas por hectare

N.º	Experimentos	Test. geral	Tratamentos										C.V.					
			NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK		d.m.s. (Dunett) 5%				
	Usina	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	%	
1	Itaquaré	93,3	125,8 **	129,8	122,3	129,9	130,4	127,4	127,8	14,0	7,4							
2	"	126,3	149,2	136,1	149,1	145,6	144,2	146,4	154,5	n.s.	8,8							
3	"	81,7	95,9	94,9	99,5	110,5 *	101,6	94,1	115,0 **	13,2	8,9							
4	Itaquara	101,0	120,5 **	114,7	113,7	118,7	127,2	121,0	111,0	12,9	7,3							
5	"	111,7	135,1 *	142,2	141,1	138,5	146,2	135,2	149,2	20,2	9,7							
6	"	129,0	132,5	140,5	142,5	134,0	136,7	127,5	132,5	n.s.	9,8							
7	São Martinho	137,5	149,5	153,5	147,4	150,2	144,9	152,7	150,7	n.s.	6,9							
8	"	113,0	137,0	130,0	135,0	138,0	131,0	136,0	134,0	n.s.	8,9							
9	"	113,0	122,0	120,0	128,0	129,0	121,0	121,0	126,0	n.s.	7,6							
10	"	49,4	82,2 **	80,9	74,9	80,1	82,9	80,1	73,1	14,9	12,9							
11	Tamoio	102,5	117,4	116,1	111,9	122,2	122,6	117,8	113,2	n.s.	13,3							
12	"	80,9	95,5 **	87,4	82,7	91,2	92,3	95,7	91,6	n.s.	11,7							
13	"	91,5	114,7 **	100,5	120,2	116,0	120,8	108,8	123,1	14,8	8,7							
14	E. Exp.																	
	Piracicaba	52,4	107,9 **	112,1	112,5	112,6	109,9	102,4	116,4	18,1	11,8							
15	São Francisco	61,8	84,3 **	80,8	85,0	77,4	84,0	73,8	75,9	16,6	11,9							
16	"	71,6	96,7 **	92,9	93,0	97,4	98,0	106,0	95,2	9,8	6,9							
17	Barra	37,4	53,4 **	63,9	58,1	48,4	54,8	53,4	59,8	10,7	13,1							
18	"	50,7	76,5 *	64,7	65,6	63,9	74,7	68,2	65,4	12,8	12,5							
19	Campestre	111,0	138,5 **	135,7	137,6	143,0	134,6	144,3	133,0	15,0	7,3							
20	Ester	72,7	99,4 *	93,2	103,7	101,9	99,7	99,5	105,9	16,0	10,9							
21	"	95,1	120,3	121,8	122,7	114,4	121,6	112,9	120,3	11,2	6,3							
22	Santa Elisa	86,2	100,7	100,3	100,5	99,7	105,3	105,7	98,1	n.s.	8,8							
23	"	93,5	111,3 *	112,8	114,8	108,4	111,1	112,8	122,4	16,3	8,5							

por hectare, foi de 80kg de N, 100kg de  $P_2O_5$  e 120kg de  $K_2O$ . O fósforo, sob a forma de superfosfato simples, foi totalmente aplicado nos sulcos de plantio; o nitrogênio, em cobertura, na forma de sulfato de amônio, metade dois meses após o plantio e, o restante, oito meses após; o potássio, na forma de cloreto, também foi parcelado, aplicando-se metade da dose nos sulcos de plantio e o restante em cobertura, juntamente com a segunda aplicação de nitrogênio.

No estudo dos micronutrientes empregaram-se, em quilograma/hectare: sulfato ferroso: 20; de tetraborato de sódio: 10; sulfato de cobre: 30; sulfato de zinco: 20; sulfato de manganês: 20 e molibdato de amônio: 0,5. Os micronutrientes foram aplicados nos sulcos de plantio, em mistura com superfosfato simples, descontado da adubação básica.

O plantio dos experimentos foi efetuado de fevereiro a março de 1965, empregando-se sempre a variedade CB 41/76, e, o corte, em agosto e setembro de 1966.

### 3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

As médias das produções dos diferentes tratamentos de cada um dos experimentos, expressas em toneladas de cana por hectare, são apresentadas no quadro 3. Como se verifica, os valores do coeficiente de variação foram expressivamente baixos na maioria dos experimentos e bastante satisfatórios nos demais, o que confere grande margem de segurança às conclusões. Verifica-se,

também, que em apenas um dos experimentos, ou seja, o de número 3, localizado na Usina Itaquê, em latossolo roxo, constatou-se resposta significativamente favorável à aplicação de micronutrientes. Cobre e molibdênio, nesse caso, ocasionaram acréscimos de produção de 14,6 e 19,1t/ha respectivamente.

Os vinte e três experimentos em análise cobriram grande diversidade de condições, abrangendo ampla gama de variação de características químicas e de produtividade de solos cultivados com a cana-de-açúcar. Assim é que o pH, por exemplo, variou de 4 a 6 e as médias das produções do tratamento "testemunha geral" — que em grande parte refletem a fertilidade original dos solos — assumiram valores de 37,4 a 137,5 toneladas por hectare. Nessas condições, de considerável amplitude de variação de características do solo que reconhecidamente afetam ou condicionam a disponibilidade dos micronutrientes, era de esperar maior frequência de respostas à aplicação desses elementos. Entretanto, além de não se confirmar tal hipótese, o caso isolado de resposta, já referido, não é nitidamente correlacionável às características do solo correspondente.

Com base nos resultados discutidos, conclui-se que ocasionais constatações de deficiências de micronutrientes na lavoura canavieira do Estado de São Paulo, até o momento, deverão situar-se no quadro de eventos casuais, não chegando a constituir problema para essa exploração. Informação semelhante, aliás, pode-se inferir de trabalho de levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo, pela análise foliar, conduzido à mesma época (4).

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH SUGAR CANE  
XV — RESULTS OF MICRONUTRIENTS APPLICATION

## SUMMARY

The results obtained with twenty three experiments on the application of micro-nutrients to sugar cane are presented in this paper. The experiments were installed to evaluate the possible occurrence of micronutrient deficiencies in soils of São Paulo State that had been more intensively cultivated with this crop. Therefore, in the localization of the field plots care was taken securing a large variation of conditions, especially those of the soil that are related to availability of micronutrients.

The experiments were planted in randomized block designs with four replications. The treatments were as follows: 1. 000 (general control); 2. NPK (control); 3. NPK + Fe; 4. NPK + B; 5. NPK + Cu; 6. NPK + Zn; 7. NPK + Mn; 8. NPK + Mo. The nitrogen, phosphorus and potassium were applied as ammonium sulfate, superphosphate and potassium chloride, at the rates of 80kg/N, 100kg/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 120kg/K<sub>2</sub>O per hectare. The micronutrients were applied in the furrows in addition to the basic fertilization: iron, manganese, copper and zinc, as sulfates; boron, as borax, and molybdenum as ammonium molybdate.

In accordance with the purpose of the study the soils of the experiments showed great variation in the characteristics that are involved with the micronutrients availability, as the pH and the original fertility level. In spite of this, in only one of the experiments the micronutrients, cooper and molybdenum in the case, gave yield increases; even so, the responses were not clearly related to the soil characteristics.

The results indicate that problems concerning micronutrient deficiencies are not to be expected in the normal conditions of the sugar cane culture in São Paulo State. Thus, the possible occurrences of such anomalies, until now, must be related to fortuitous events.

## LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ, R. & WUTKE, A. C. P. Adubação da cana-de-açúcar. IX Experimentos preliminares com micronutrientes. *Bragantia*, Campinas, 22:647-650, 1963.
2. BRASIL. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Boletim, 12)
3. COLLINGS, G. H. Commercial fertilizers. Their source and use. 5. ed. New York, McGraw-Hill, 1955. p.327-363.
4. GALLO, J. R.; HIROCE, R. & ALVAREZ, R. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo, pela análise foliar. *Bragantia*, Campinas, 27:365-382, 1968.
5. IGUE, K.; BLANCO, H. G. & ANDRADE SOBRINHO, J. Influência do zinco na produção do milho. *Bragantia*, Campinas, 21:263-269, 1962.
6. LAZZARINI, W.; MORAES, F. R. P.; CERVellini, G. da S.; TOLEDO, S. V. de; FIGUEIREDO, J. I. de; REIS, A. J.; CONAGIN, A. & FRANCO, C. M. Cultivo de café em latossolo vermelho-amarelo da região de Batatais, SP. *Bragantia*, Campinas, 34:229-239, 1975.
7. RODRIGUES, O. & GALLO, J. R. Deficiência de cobre em citros. *Bragantia*, Campinas, 19:CXXXIII-CXXXVII, 1960. Nota 26.
8. ——— & ———. Levantamento do estado nutricional de pomares cítricos em São Paulo, pela análise foliar. *Bragantia*, Campinas, 20:1183-1202, 1961.