

# ESTUDOS SÔBRE A ALIMENTAÇÃO MINERAL DA MANDIOCA (*Manihot utilissima* Pohl.)

E. MALAVOLTA (1) — J. A. DE C. PACHECO (3)

E. A. GRANER (2) — T. COURY (1)

M. O. C. DO BRASIL SOBR. (1)

## ÍNDICE

1 — Introdução . . . . .	22
2 — Material e Métodos . . . . .	22
3 — Resultados e Discussão . . . . .	24
4 — Resumo e Conclusões . . . . .	36
5 — Summary . . . . .	37
6 — Literatura citada . . . . .	39

- 
- (1) Secção de Química Agrícola, E. S. A. "Luiz de Queiroz", Univ. de S. Paulo, Piracicaba, Estado de S. Paulo, Brasil.
  - (2) Secção de Fitotecnia, E. S. A. "Luiz de Queiroz", Univ. de S. Paulo, Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.
  - (3) Secção de Tecnologia Agrícola, Instituto Agronômico do Estado de S. Paulo, Campinas, Estado de São Paulo, Brasil.

## 1 — INTRODUÇÃO

Embora a mandioca apresente grande importância econômica para o Brasil, não só como alimento, mas também como matéria prima para produtos de exportação, não são muito numerosos os estudos sobre a adubação dessa cultura feitos em nosso meio (ver GROSSMAN, 1946, NORMANHA e PEREIRA, 1950). Os experimentos relatados, tendo sido em geral conduzidos em condições naturais de campo, não fornecem informações a respeito das exigências minerais dessa euforbiácea.

Por essa razão, a E. S. A. "Luiz de Queiroz", U. S. P., em colaboração com o Instituto Agronômico do Estado de S. Paulo, resolveu iniciar uma série de ensaios que permitissem entender melhor o problema, a fim de que, conselhos mais seguros sobre a adubação dessa planta possam ser dados. Por outro lado, deseja-se também saber o efeito da adubação na quantidade e na qualidade do amido. Como o solo é um meio demasiadamente complexo, resolveu-se fazer, preliminarmente, uma cultura de mandioca, em vasos com areia lavada, à qual foram adicionados os diversos tratamentos estudados.

Uma nota prévia contendo apenas os dados culturais foi discutida na IV Reunião da Soc. Brasileira de Ciência do Solo e será publicada em outro lugar (MALAVOLTA et al., 1953).

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

2.1. *O cultivo das plantas.* O ensaio foi feito em vasos de barro vidrado e esmaltado, com capacidade para 60 quilos de areia. Esta sofreu previamente lavagem com ácido clorídrico concentrado e depois com água de torneira e água destilada, até eliminação da acidez. Tomou-se por base, na adubação, a quantidade e a proporção de nutrientes aconselhadas por Mitscherlich (GOMES e MALAVOLTA, 1949).

Os tratamentos foram os seguintes :

N1 P1 K1  
 N0 P1 K1  
 N1 P0 K1  
 N1 P1 K0  
 N2 P1 K1  
 N1 P2 K1  
 N1 P1 K2  
 N0 P0 K0

Cada tratamento, com exceção do N0 P0 K0 (apenas um vaso) foi repetido quatro vezes. As doses foram as seguintes: N1 = 35 gramas de nitrato de amônio, por vaso; P1 = 35 gramas de fosfato monocálcico por vaso e K1 = 28 gramas de sulfato de potássio por vaso; êsses macronutrientes foram adicionados como droga pura; além disso, todos os vasos receberam: 26 gramas de sulfato de magnésio e micronutrientes em doses semanais, na forma e proporções indicadas por HOAGLAND e ARNON (1939). Os vasos receberam irrigação, sempre que necessário. O excesso de solução que, por vezes atravessava a areia, era recebido em coletor de barro vidrado e esmaltado e a seguir devolvido ao vaso.

Cada vaso recebeu uma estaca de mandioca da variedade "Branca de Sta. Catarina", de 15 cm de comprimento, a qual foi plantada horizontalmente, em 15 de Julho de 1952. A colheita se deu em 15 de Maio de 1953. Com o fim de verificar o desenvolvimento e produção de mandioca à custa exclusivamente das reservas da maniva, incluiu-se o tratamento N0 P0 K0, sem repetição, em areia lavada, só tratada com água.

## 2.2. *A análise das raízes.*

2.2.1. *Amostragem.* Após a colheita, as raízes foram desprovidas das radículas e do cordão lenhoso de união com a maniva original. Para as análises foi retirada, de cada vaso, uma amostra de aproximadamente 500 g composta de pedaços provenientes da ponta, meio e base das raízes.

2.2.2. *Preparo das amostras.* As amostras obtidas, picadas em fatias delgadas, foram postas para secar ao sol até se apresentarem quebradiças (12 por cento de umidade, mais ou menos). Depois da secagem, foram moidas, peneiradas e acondicionadas em frascos de vidro hermêticamente fechados.

## 2.2.3. *Métodos analíticos.*

2.2.3. A. *Umidade e matéria seca.* Cinco gramas de amostra foram postas a secar em estufa a 100-110°C até pêso constante. Como a perda de umidade durante a secagem das amostras ao sol fôra anotada, foi possível determinar assim a umidade total das raízes, e, por diferença, a matéria seca.

2.2.3. B. *Amido*. Foi determinado pelo método polarimétrico de EWERS (1908). O valor adotado para a rotação específica,  $\alpha_D^{20}$ , do amido de mandioca foi de 183,1, segundo RIECHELMANN (1921) citado por WALTON (1928).

2.2.3. C. *Matéria mineral*. Foi dosada por incineração de 5 g da amostra em mufla a 500°C, pesando-se depois o resíduo incombustível.

2.2.3. D. *Matéria azotada*. Foi usado o método de KJELDAHL (1883), empregando-se cristais de sulfato de cobre para acelerar a reação.

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. *Resultados culturais*. Acham-se resumidos no Quadro 1.

#### QUADRO 1

Colheita obtida (em gramas)

Tratamento	n	PARTE DA PLANTA			
		Raízes		Ramas	
		$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
N0 P1 K1	4	455,00	224,88	270,00	60,00
N1 P0 K1	4	265,00	105,97	231,25	36,05
N1 P1 K0	4	940,00	191,13	761,25	125,98
N1 P1 K1	4	1.460,00	206,40	483,75	101,78
N2 P1 K1	4	1.962,50	137,69	1.037,50	143,60
N1 P2 K1	4	1.750,00	188,76	835,00	149,10
N1 P1 K2	4	1.775,00	206,32	757,00	50,58

As fotografias anexas (Figs. 1 a 4) dão uma idéia do aspecto vegetativo das plantas aos três meses de idade.

3.1.1. *Análise estatística*. Foi feita separadamente, tomando-se N1 P1 K1 como testemunha. Considerou-se os tratamentos em que há ausência de um elemento, estudando-se a variação nas raízes e depois nas ramas; o mesmo se fez, a seguir, com os tratamentos em que há dose dupla do elemento. Os dados aparecem nos Quadros 2 a 5.

QUADRO 2  
Ausência de elemento  
Raízes

Variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Variância	F	Limites de Significância	
					5%	1%
Total	3.858.200,00	15	257.213,33	—	—	—
Entre tratam.	3.435.400,00	3	1.145.133,33	26,92	3,86	6,89
Entre repetições	40.050,00	3	13.350,00	0,31	3,86	6,89
Erro	382.750,00	9	42.527,77	—	—	—

No caso presente, todos os tratamento diferem significativamente da testemunha N1 P1 K1, para menos; N0 e P0 não são estatisticamente diferentes entre si mas ambos diferem de K0.

QUADRO 3  
Dose dupla de elemento  
Raízes

Variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Variância	F	Limites de Significância	
					5%	1%
Total	959.884,75	15	63.992,31	—	—	—
Entre tratam.	516.768,75	3	172.256,25	5,10	3,86	6,89
Entre repetições	139.367,75	3	46.455,92	1,37	3,86	6,89
Erro	303.748,25	9	33.749,80	—	—	—

Aqui todos os tratamentos diferem significativamente da testemunha, para melhores. Não diferem estatisticamente entre si.

QUADRO 4  
Ausência de elemento  
Ramas

Variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Variância	F	Limites de Significância		
					5%	1%	1%
Total	803.785,94	15	53.585,73	—	—	—	—
Entre tratam.	710.179,69	3	236.726,56	26,74	3,86	6,89	6,89
Entre repetições	13.942,19	3	4.647,40	0,52	3,86	6,89	6,89
Erro	79.664,06	9	8.851,56	—	—	—	—

Todos os tratamentos diferem significativamente da testemunha, sendo que N0 e P0 para pior e K0 para melhor; N0 e P0 não diferem entre si mas ambos são estatisticamente diferentes de K0.

QUADRO 5  
Dose dupla de elemento  
Ramais

Variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Variância	F	Limites de Significância	
					5%	1%
Total	797.985,94	15	53.199,29	—	—	—
Entre tratam.	630.367,19	3	210.122,40	12,65	3,86	6,89
Entre repetições	18.242,19	3	6.080,73	0,36	3,86	6,89
Erro	149.376,56	9	16.597,39	—	—	—

Todos os tratamentos diferem significativamente da testemunha, para maior produção de ramais. P2 e K2 não diferem estatisticamente entre si. N2 P2 não diferem entre si, mas N2 e K2 são diferentes.



3.1.2. *Discussão.* Considerando-se as produções de raízes — que são os dados que mais interessam ao presente ensaio — as diferenças entre tratamentos podem ser explicadas da seguinte maneira : dos três elementos estudados os que influem mais fortemente na produção da mandioca são o P e o N; a necessidade do primeiro para a fosforilação das reservas de amido nos períodos iniciais de desenvolvimento é, por si só, suficiente para fazer entender a notável resposta observada; o nível ótimo de fósforo (ou seja, o mínimo, para citarmos Liebig) foi conseguido com a dose P1; uma vez estabelecido êsse ponto, a produção passa a ser controlada pelo nível de nitrogênio : admitindo-se isso, compreendemos logo o efeito favorável da dose dupla de nitrogênio, combinada às doses singelas de fósforo e potássio.

Resultado interessante foi encontrado com a ausência de K, embora tivesse havido redução na produção das raízes — como aliás, aconteceu na falta de N e P —, houve aumento significativo na produção das ramas. Embora ainda não se conheça exatamente tôdas as funções do potássio na planta, entre as reconhecidas há mais tempo, está o efeito desse elemento na translocação dos carboidratos (ver MEYER and ANDERSON, 1944, p. 423). A êsse respeito, COWIE (1951, pp. 50-51) cita ensaios em que plantas executaram todo o seu ciclo em solos deficientes em potássio; o teor de carboidratos nessas plantas era menor e os grãos se mostraram raquíticos por comparação com plantas recebendo quantidade adequada de potássio. Em vista disso, os presentes resultados se explicariam da seguinte maneira : como há dificuldade na translocação dos carboidratos das folhas para as raízes, aqueles permaneceram na parte aérea e, como o fornecimento de nitrogênio era adequado, foram consumidos na formação de mais material verde.

3.2. *Resultados analíticos.* Os dados resultantes das determinações químicas e também a análise estatística são dados a seguir. Com exceção da matéria seca que só se acha expressa em porcentagem da substância original, os resultados são expressos em : porcentagem da substância seca a 100-110°C, porcentagem da substância original e em pêsos total (gramas), por planta. Na análise estatística se tomou o limite de 5 por cento.

3.2.1. *Matéria seca.*

QUADRO 6

Média da porcentagem de matéria seca

N1 P1 K1		N0 P1 K1		N1 P0 K1		N1 P1 K0	
N. Vaso	%	N. Vaso	%	N. Vaso	%	N. Vaso	%
1	40,65	5	40,55	9	32,76	13	39,15
2	36,92	6	38,52	10	34,27	14	36,65
3	39,28	7	38,27	11	31,63	15	37,71
4	39,01	8	39,90	12	32,48	16	36,44
Média	38,96	Média	39,31	Média	32,78	Média	37,49

  

N2 P1 K1		N1 P2 K1		N1 P1 K2		N0 P0 K0	
N. Vaso	%	N. Vaso	%	N. Vaso	%	N. Vaso	%
17	31,54	21	37,30	25	34,07		
18	32,86	22	39,29	26	35,39		
19	34,46	23,	36,28	27	38,84	T	34,01
20	30,84	24	38,98	28	37,57		
Média	32,42	Média	37,96	Média	36,47		

A análise da variância mostrou o seguinte :

QUADRO 7

Análise da variância da matéria seca

Variação	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrados médios	F	Dif. mínima signif.
Total	236,37	27			
Entre	189,91	6	21,66	14,33	2,186
Dentro	46,40	21	2,21		

N2 P1 K1 e N1 P0 K1 não diferiram entre si, sendo ambos inferiores aos demais tratamentos. N1 P1 K1, N0 P1 K1, N1 P1 K0 e N1 P2 K1 não mostraram diferenças entre si. N1 P1 K2 foi inferior a N1 P1 K1 e a N0 P1 K1 e idêntico a N1 P2 K1 e a N1 P1 K0.

QUADRO 8  
Amido encontrado nos diferentes tratamentos

Tratamento	Vaso	Na	Na	Total por planta g.
		Substância	Substância	
		Sêca 100-110°C %	Original %	
N1 P1 K1	1	83,71	34,03	449,20
	2	81,63	30,14	524,44
	3	82,47	32,39	482,61
	4	80,43	31,27	404,67
	Média	82,06	31,98	465,23
No P1 K1	5	83,70	33,94	251,16
	6	83,69	32,24	167,65
	7	83,63	32,00	73,60
	8	84,00	33,52	110,61
	Média	83,75	32,92	150,75
N1 Po K1	9	79,52	26,05	59,91
	10	78,58	26,93	105,03
	11	76,87	24,31	33,03
	12	78,29	25,43	76,29
	Média	78,31	25,68	68,59
N1 P1 Ko	13	82,02	32,11	314,68
	14	78,84	28,89	196,45
	15	80,76	30,45	292,32
	16	80,46	29,32	334,25
	Média	80,52	30,19	284,42
N2 P1 K1	17	75,13	23,70	497,70
	18	79,07	25,98	532,59
	19	77,32	26,64	479,52
	20	73,38	22,63	429,97
	Média	76,22	24,74	484,91
N1 P2 K1	21	80,67	30,09	514,54
	22	79,19	31,03	546,13
	23	79,78	28,94	518,03
	24	80,04	31,20	542,88
	Média	79,92	30,31	530,39
N1 P1 K2	25	78,59	26,77	495,24
	26	79,70	28,28	562,77
	27	78,49	30,48	457,20
	28	80,86	30,38	534,69
	Média	79,41	28,98	512,47

3.2.2. *Amido.*

A análise da variância vem a seguir

QUADRO 9  
Análise da variância da quantidade total de amido (gramas)

Varição	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrados médios	F	Dif. mínima signif.
Total	905.538,50	27			
Entre	853.280,56	6	142.213,42	57,15	73,38
Dentro	52.257,95	1	2.488,47		

N1 P0 K1 foi inferior a todos os demais. N1 P1 K0 foi superior a N0 P1 K1, porém inferior a N1 P1 K1, N2 P1 K1, N1 P1 K1 e N1 P2 K1, entre os quais não houve diferença significativa.

3.2.3. *Matéria mineral.*

A análise estatística referente aos dados da substância seca a 100-110°C se acha no quadro seguinte.

QUADRO 11  
Análise da variância da porcentagem de matéria mineral

Varição	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrados médios	F	Dif. mínima signif.
Total	7,36	27			
Entre	6,52	6	1,08	27,18	0,293
Dentro	0,84	1	0,04		

O tratamento N1 P1 K0 foi inferior a todos os demais. N1 P2 K1 e N2 P1 K1 não diferiram entre si, nem de N1 P1 K1 e N1 P1 K2, sendo, porém, inferiores a N0 P1 K1. Este tratamento não diferiu de N1 P1 K2 e foi superior a N1 P1 K1. O tratamento N1 P0 K1 foi superior a todos os outros.

3.2.4. *Matéria azotada.* No quadro seguinte considera-se como matéria azotada o teor de nitrogênio multiplicado por 6,25 (Vêr Quadro n. 12).

A análise estatística referente aos dados da substância seca a 100-110°C se acham no quadro seguinte

QUADRO 10  
Matéria mineral nos diferentes tratamentos

Tratamento	Vaso	Na	Na	Total por planta g.
		Substância	Substância	
		Sêca 100-110°C %	Original %	
N1 P1 K1	Média	2,51	1,02	13,56
	1	2,19	0,81	14,09
	2	2,74	1,08	16,09
	3	2,80	1,09	14,06
	4	2,56	1,00	14,45
No P1 K1	5	3,05	1,23	9,10
	6	3,28	1,26	6,55
	7	3,33	1,27	2,92
	8	2,89	1,16	5,28
	Média	3,14	1,23	5,96
N1 Po K1	9	3,52	1,15	2,64
	10	3,21	1,10	4,29
	11	3,83	1,21	1,69
	12	3,44	1,17	3,51
	Média	3,50	1,16	3,03
N1 P1 Ko	13	1,58	0,62	6,08
	14	1,89	0,69	4,69
	15	1,76	0,67	6,43
	16	2,08	0,75	8,55
	Média	1,83	0,68	6,44
N2 P1 K1	17	2,72	0,86	18,06
	18	2,64	0,87	17,83
	19	2,46	0,88	15,84
	20	2,66	0,82	15,58
	Média	2,62	0,86	16,83
N1 P2 K1	21	2,77	1,03	17,61
	22	2,56	1,00	17,60
	23	2,94	1,06	18,97
	24	2,82	1,10	19,14
	Média	2,77	1,05	18,33
N1 P1 K2	25	3,02	1,03	19,05
	26	2,80	0,99	19,70
	27	2,76	1,07	16,05
	28	2,89	1,08	19,01
	Média	2,87	1,04	18,45

**QUADRO 12**  
**Matéria azotada em diferentes tratamentos**

Tratamento	Vaso	Na	Na	Total por planta g.
		Substância	Substância	
		Sêca 100-110°C %	Original %	
N1 P1 K1	1	2,52	1,02	13,47
	2	2,85	1,06	18,44
	3	3,02	1,19	17,73
	4	3,26	1,27	16,38
	Média	2,91	1,13	16,50
No P1 K1	5	1,50	0,61	4,51
	6	1,33	0,51	2,65
	7	1,65	0,63	2,41
	8	1,84	0,73	2,41
	Média	1,58	0,62	2,75
N1 Po K1	9	3,91	1,18	2,71
	10	4,56	1,56	6,08
	11	4,91	1,55	2,17
	12	4,40	1,43	4,29
	Média	4,44	1,43	3,81
N1 P1 Ko	13	4,67	1,83	17,93
	14	2,92	1,07	7,28
	15	3,85	1,45	13,92
	16	3,40	1,24	14,40
	Média	3,71	1,40	13,32
N2 P1 K1	17	5,55	1,75	36,75
	18	4,85	1,59	35,59
	19	4,54	1,56	28,08
	20	5,61	1,73	32,87
	Média	5,14	1,66	32,57
N1 P2 K1	21	3,01	1,12	19,15
	22	3,44	1,35	23,76
	23	3,45	1,25	22,37
	24	3,01	1,17	20,36
	Média	3,23	1,22	21,41
N1 P1 K2	25	3,27	1,11	20,53
	26	3,39	1,20	23,88
	27	3,17	1,23	18,45
	28	3,01	1,13	19,89
	Média	3,21	1,17	20,69

## QUADRO 13

## Análise da variância da matéria azotada

Varição	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrados médios	F	Dif. mínima signif.
Total	34,90	27			
Entre	31,19	6	5,20	24,92	0,618
Dentro	3,71	21	0,17		

Todos os tratamentos foram inferiores a N2 P1 K1 e superiores a N0 P1 K1; não houve diferenças entre N1 P1 K0, N1 P2 K1 e N1 P1 K2 que foram inferiores a N1 P0 K1. A adubação completa, N1 P1 K1, foi inferior a N1 P1 K0 e igual a N1 P2 K1 e N1 P1 K2.

3.2.5. *Discussão.* Percorrendo-se os resultados analíticos, verifica-se logo que do ponto de vista econômico os dados mais interessantes são os que aparecem em 3.2.2. Há uma variação surpreendente nos teores porcentual e total de amido quando se considera principalmente a atuação do nitrogênio e do fósforo. Aliás, o comportamento do fósforo no que se refere à formação do amido acompanhou bem o que se verificou nos dados de produção (vêr 3.1.). A ausência de fósforo provocou um decréscimo considerável na produção e uma queda na quantidade de amido, tanto porcentual como total. O papel fundamental do fósforo no metabolismo dos carboidratos através das fosforilações explica suficientemente o resultado visto. Quanto à ação do nitrogênio, compare-se os dados de produção com os resultados que aparecem no Quadro 8 (vêr 3.2.2.): a dose dupla de nitrogênio garantiu a maior produção de raízes obtida; entretanto, tal produção mais elevada não se traduz em benefício algum: de fato, o Quadro 8 mostra logo que o aumento na dose de nitrogênio acarretou uma queda na porcentagem de amido na substância original de praticamente 32 por cento para 24 por cento; em consequência, a quantidade total de amido obtida não diferiu significativamente daquela conseguida com a dose simples de nitrogênio. A queda porcentual do amido na substância original encontra explicação nos dados do Quadro 12 (vêr 3.2.4.) onde se vê que: devido ao aumento na proporção de nitrogênio na relação deu-se uma elevação de quase 50 por cento no teor de matéria azotada; é lícito, então admitir que, quando se elevou a quantidade de N fornecida às plantas, uma

porção considerável de carboidratos, em lugar de se polimerizar a amido, se combinou ao nitrogênio disponível convertendo-se em proteína ou outras substâncias nitrogenadas com esqueleto carbônico.

#### 4 — RESUMO E CONCLUSÕES

4.1. O presente trabalho foi conduzido para estudar o efeito da adubação mineral na produção da mandioca, bem como na composição das raízes. A variedade "Branca de Sta. Catarina" foi cultivada em vasos cheios de areia lavada aos quais se adicionou vários sais de modo a ter os seguintes tratamentos: N0 P0 K0, N0 P1 K1, N1 P0 K1, N1 P1 K0, N2 P1 K1, N1 P2 K1 e N1 P1 K2 onde o índice significa a dose relativa do elemento nutritivo considerado. Cada tratamento foi feito com quatro repetições. As doses usadas foram as seguintes: N1 = 35 gramas de nitrato de amônio por vaso com 60 quilos de areia; P1 = 35 gramas de fosfato monocálcico e K1 = 28 gramas de sulfato de potássio. Além disso, todos os vasos receberam 26 gramas de sulfato de magnésio e micronutrientes em doses semanais, na forma e proporções indicadas por HOAGLAND e ARNON (1939).

4.2. No que se refere à produção (tanto de ramos como de raízes) os seguintes pontos devem ser considerados:

4.2.1. O efeito mais saliente na produção foi devido à omissão do P e do N na adubação; com isso foram obtidas as colheitas mais baixas do ensaio; a necessidade do primeiro para a fosforilação das reservas amiláceas deve explicar o resultado que se observou.

4.2.2. O fósforo e o nitrogênio, nas condições do ensaio, foram os elementos mais importantes para a mandioca; o efeito do potássio na produção de raízes foi muito menos acentuado do que aquele dos dois macronutrientes citados; é interessante mencionar que em ausência de potássio, embora a produção de raízes diminuísse, a de ramos cresceu; à vista da literatura sobre os possíveis papéis do potássio no metabolismo dos carboidratos, é razoável admitir que, a falta de potássio impedindo a translocação de açúcares, estes tivessem sido consumidos na produção de ramos.



4.3 A análise química das raízes mostrou alguns resultados dignos de menção :

4.3.1. A falta de fósforo produziu a redução mais drástica no teor de amido das raízes; enquanto no tratamento N1 P1 K1 se tinha 32 por cento de amido, no tratamento N1 P0 K1, o teor encontrado foi de 25 por cento; isto se explica provavelmente, pela necessidade de P para a síntese enzimática desse polisacárido; convém notar que o decréscimo na porcentagem de amido esteve associado com a considerável queda na produção consequente da falta do elemento P do meio nutritivo.

4.3.2. Com a dose dupla de nitrogênio no tratamento N2 P1 K1 se obteve a maior produção observada; porém tal aumento na colheita não se traduziu em nenhuma vantagem industrial pela seguinte razão : enquanto o tratamento N1 P1 K1 produziu 32 por cento de amido, a duplicação da dose de nitrogênio fez aquela porcentagem baixar para 24; e o que é importante : o aumento total na quantidade de amido não difere estatisticamente daquela obtida com a dose simples de nitrogênio; o que se observou aqui com N e amido é muito semelhante ao que ocorre com N e sacarose em beterraba e cana; trata-se de um aspecto bioquímico do efeito da adubação muito interessante : aumentando-se a quantidade de nitrogênio disponível em lugar de os carboidratos se polimerizarem a amido, se combinam com aquele para produzir substância protéica; houve de fato, uma elevação no teor de proteína de 2,91 a 5,14 por cento.

## 5 — SUMMARY

5.1. The present work was carried out to study the effects of mineral nutrients in the yield as well as in the composition of cassava roots. The variety "Branca de Sta. Catarina" was grown by the sand culture method, the following treatments being used : N0 P0 K0, N0 P1 K1, N1 P0 K1, N2 P1 K0, N2 P1 K1, N1 P2 K1, and N1 P1 K2, where the figures 0, 1, and 2 denote the relative proportion of a given element. The nutrients were given as follows : N = 35 grams of ammonium nitrate per pot loaded with 120 pounds of washed sand; P1 = 35

grams of monocalcium phosphate; K1 = 28 grams of sulfate of potash. Besides those fertilizers, each pot received 26 grams of magnesium sulfate and weekly doses of micronutrients as indicated by HOAGLAND and ARNON (1939). To apply the macronutrients the total doses were divided in three parts evenly distributed during the life cycle of cassava.

5.2. As far yield of roots and foliage are concerned, there are a few points to be considered :

5.2.1. the most striking effect on yield was verified when P was omitted from the fertilization; this treatment gave the poorest yields of the whole experiment; the need of that element for the phosphorylation of the starchy reserves explains such result;

5.2.2. phosphorus and nitrogen, under the experimental conditions, showed to be the most important nutrients for cassava; the effect of potassium in the weight of the roots produced was much less marked; it is noteworthy to mention, that in absence of potassium, the roots yield decreased whereas the foliage increased; as potassium is essential for the translocation of carbohydrates it is reasonable to admit that sugars produced in the leaves instead of going down and accumulate as starch in the roots were consumed in the production of more green matter.

5.3. Chemical analyses of roots revealed the following interesting points :

5.3.1. the lack of phosphorus brought about the most drastic reduction in the starch content of the roots; while the treatment N1 P1 K1 gave 32 per cent of starch, with N1 P0 K1 the amount found was 25 per cent; this result can be explained by the requirement of P for the enzymatic synthesis of starch; it has to be mentioned that the decrease in the starch content was associated with the remarkable drop in yield observed when P was omitted from the nutrient medium;

5.3.2. the double dosis of nitrogen in the treatment N2 P1 K1, gave the highest yields; however the increase in yield did not

produce any industrial gain : whereas the treatment N1 P1 K1 gave 32 per cent of starch, by raising the N level to N2, the starch content fell to 24 per cent; now, considering the total amount of starch present in the roots, one can see, that the increase in roots yield did not compensate for the marked decrease in the starch content; that is, the amount of starch obtained with N1 P1 K1 does not differ statistically from the quantity obtained with N2 P1 K1; as far we know facts similar to this had been observed in sugar beets and sugar cane, as a result of the interaction between nitrogen and sugar produced; the biochemical aspect of the problem is very interesting : by raising the amount of assimilable nitrogen, instead of the carbohydrates polymerize to starch, they do combine to the amino groups to give proteinaceous materials; actually, it did happen that the protein content increased from 2.91 to 5.14 per cent.

#### 6 — LITERATURA CITADA

- COWIE, G. A. 1951 Em "Potash", Edward Arnold and Co., London.
- EWERS, E. 1908 Uber polarimetrische starkebestimmung. Chemiker Zeit. 32: 996-997.
- GOMES, F. PIMENTEL e E. MALAVOLTA. 1949 Aspectos matemáticos e estatísticos da lei de Mitscherlich. An. E. S. A. "Luiz de Queiroz", U.S.P. 6: 193-229.
- GROSSMAN, J. 1946 A cultura da mandioca no Rio Grande do Sul. Rev. Fac. Agron. (Montevideo) 42: 1-33.
- HOAGLAND, D. R. and D. I. ARNON. 1939 The water culture method for growing plants without soil. Univ. of California Agr. Expt. Sta. (Berkeley, Calif.) Circ. 347.
- KJELDAHL, J. 1883 Neue Methode zur Bestimmung der Stickstoff in organischen Korpen. Z. anal. Chem. 22: 366-382.

- 
- MALAVOLTA, E., T. COURRY, E. A. GRANER, J. A. DE C. PACHECO, M. O. C. DO BRASIL SOBR. 1953 Adubação da mandioca (*Manihot utilissima* Pohl) I. Ensaio em areia lavada (Nota prévia). An. E. S. A. "Luiz de Queiroz", U.S.P.
- MEYER, B. S. and D. B. ANDERSON. 1944 *Em* "Plant Physiology", Fourth Printing, D. Van Nostrand Co., Inc., New York.
- NORMANHA, E. S. e A. S. PEREIRA. 1950 Aspectos agronômicos da cultura da mandioca (*Manihot utilissima* Pohl.) *Bragantia* 10: 179-202.
- RIEHELMANN. 1921 Zur Bestimmung der Starke in Manihotmehl. *Zeitsc. f. offentliche Chem.* 27: 5.
- WALTON, R. P. 1928 *Em* "A comprehensive survey of starch chemistry", vol. 1, The Chemical Catalog Co.