

# RESPOSTA DA MANDIOCA À ADUBAÇÃO MINERAL E A MÉTODOS DE APLICAÇÃO DO POTÁSSIO EM SOLOS DE BAIXA FERTILIDADE<sup>1</sup>

WALDIR DE OLIVEIRA NUNES<sup>2</sup>, DIRCE P. P. DE SOUZA BRITTO<sup>3</sup>, CARLOS ALBERTO MENE-  
GUELLI<sup>4</sup>, NORMA BERGALLO DE ARRUDA<sup>5</sup> e ALDO BEZERRA DE OLIVEIRA<sup>6</sup>

**SINOPSE.**— São relatados os resultados de sete experimentos de campo, instalados em solos de baixa fertilidade em dois municípios do Estado do Rio de Janeiro, onde se pesquisou a resposta da mandioca (*Manihot esculenta* Grantz) aos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio e a métodos de aplicação deste último elemento, relativamente à produção.

Os esquemas experimentais foram os de blocos ao acaso e parcelas subdivididas a partir do fatorial 3<sup>3</sup>, sendo nas subparcelas o potássio aplicado no plantio com os demais macronutrientes e parceladamente na época de aplicação do nitrogênio.

As análises estatísticas revelaram o fósforo como o elemento de maior necessidade para o aumento da produtividade da mandioca, mostrando um aumento médio de 86% na produção quando se usou a dose P<sub>1</sub> (40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e de apenas 8% de P<sub>1</sub> para P<sub>2</sub> (80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), revelando a análise econômica, para São João da Barra, o nível de 67 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com uma produção de 29.749 kg/ha, como o indicado para o tipo de solo estudado, nesse município. Não houve efeito do nitrogênio e do potássio, assim como para métodos de aplicação do último elemento.

Nos ensaios realizados em São Pedro da Aldeia não houve efeito para nenhum dos elementos pesquisados.

*Palavras chaves adicionais para índice:* *Manihot esculenta* Grantz.

## INTRODUÇÃO

Corrêa (1972), citando dados da Fundação Getúlio Vargas e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, informa que a produção brasileira de mandioca aumentou em 1970 devido à maior área cultivada e não ao aumento da produtividade, que permaneceu em torno de 14 t/ha.

No Estado do Rio de Janeiro, dados do Escritório de Estatística da Subsecretaria de Planejamento e Orçamento do Ministério da Agricultura (1969) mostram que, de 1965 a 1969, tanto a área cultivada como a produtividade pouco variaram de ano para ano, disto resultando a impossibilidade do aumento de produção. Segundo a mesma fonte, os municípios de São João da Barra e São Pedro da Aldeia são os que possuem maior área cultivada, com uma produtividade de 13 e 7 t/ha, respectivamente; a produtividade, neste Estado, se mantém em torno de 12 t/ha.

Diversos são os fatores limitantes da produtividade. Dentre eles podem ser destacados a falta do uso de fertilizantes e a escolha de áreas empobrecidas, devido à falsa concepção de que a mandioca produz bem, mesmo em solos pobres de nutrientes.

Segundo Albuquerque (1969), a mandioca, para bem produzir, necessita dos nutrientes: a) nitrogênio, que, em excesso, determina aumento das substâncias proteicas em detrimento do teor de amido, mas que também, insuficiente no solo, produz clorose nas folhas; b) fósforo, que exerce acentuada influência na produção de raízes e teor percentual em amido, sendo sua deficiência prejudicial ao desenvolvimento das plantas; c) potássio, o grande responsável pelo teor de fécula e produção de raízes, e cuja falta produz a clorose das folhas, chamada "ponta preta" dos ramos; e d) cálcio, que quando deficiente provoca a morte do broto terminal, e quando em excesso, parece exercer influência negativa sobre o teor de fécula, em algumas zonas climáticas.

Não são muitas as pesquisas realizadas sobre adubação de mandioca.

Rader Jr. *et al.* (1943), estudando o efeito dos fertilizantes na concentração da solução do solo, verificaram que o efeito prejudicial do cloreto de potássio, quando aplicado nos sulcos do plantio, é muito frequente, ao passo que o do superfosfato é relativamente raro, em parte porque este adubo aumenta muito pouco a concentração da solução do solo.

Grossman (1945), conduzindo experimentos de adubação mineral, admitiu um efeito significativo dos elementos N, P e K, cabendo uma reação mais acentuada para o potássio, seguida da reação ao fósforo.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 25 de abril de 1973.

<sup>2</sup> Eng.º Agrônomo, Pesquisador em Agricultura da Seção de Fitotecnia do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26.

<sup>3</sup> Eng.º Agrônomo, Pesquisador em Agricultura, Chefe da Seção de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEACS, Prof. Adjunto do Departamento de Matemática e Estatística da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Chefe de Pesquisas, bolsista, do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

<sup>4</sup> Eng.º Agrônomo da Seção de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEACS e Pesquisador Assistente, bolsista, do CNPq.

<sup>5</sup> Eng.º Agrônomo, Pesquisador em Agricultura, Chefe da Seção de Fitotecnia do IPEACS e Pesquisador, bolsista, do CNPq.

<sup>6</sup> Eng.º Agrônomo da Seção de Fitotecnia do IPEACS e bolsista do CNPq.

Normanha (1946, 1951) e Normanha e Pereira (1950), em experimentos de adubação mineral e orgânica na cultura da mandioca, conduzidos no Instituto Agrônomo de Campinas, concluíram que a adubação fosfatada, bem como a aplicação de matéria orgânica, proporcionaram aumentos consideráveis na produção de raízes. Ainda os mesmos autores (Normanha & Pereira 1964), em experiências efetuadas em solos esgotados, pouco ácidos, verificaram reação satisfatória à aplicação de fertilizantes fosfatados, redundando em aumento da produção e da quantidade de amido nas raízes.

Malavolta *et al.* (1953, 1954), em estudos realizados na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, concluíram que, em ensaios com areia lavada, o elemento que mais influenciou a produção de raízes, foi o fósforo, mas também verificaram que, alcançado o nível mínimo para esse elemento, a produção passou a ser controlada pelo nitrogênio, sendo o potássio o elemento de menor efeito na produção de raízes.

Dias (1966) constatou, também, o fósforo como principal elemento na adubação da mandioca. Observou ainda que a ausência do nitrogênio prejudicava o desenvolvimento vegetativo provocando o aparecimento de clorose nas folhas. O excesso deste macronutriente causou a diminuição na produção de fécula e aumentou o desenvolvimento da parte aérea, provocando tombamento e entrelaçamento de raízes, o que dificulta o cultivo e a colheita. Quanto ao potássio, o autor observou que, apesar de sua elevada absorção pelas plantas, apresenta menor importância que o nitrogênio e o fósforo para a cultura.

Experiências preliminares em terra roxa e solos arenosos para comparar métodos de aplicação de adubos minerais em cultura de mandioca foram conduzidas por Normanha *et al.* (1968), no Estado de São Paulo, tendo os autores concluído que os resultados mais promissores foram proporcionados pela aplicação total dos três nutrientes essenciais (NPK) em sulcos laterais no momento do plantio, e pela adubação com fósforo e potássio também no plantio, completada mais tarde com a aplicação do nitrogênio em cobertura.

Silva e Freire (1968), estudando os efeitos de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio sobre a produção de raízes de mandioca no Estado de São Paulo, em solos arenosos de baixa fertilidade e em terra roxa misturada bastante fértil, concluíram que, nesta última, as respostas aos três elementos foram pequenas e não significativas, enquanto que, nos primeiros, o potássio apresentou um aumento considerável e significativo, na produção.

Dados experimentais do Instituto Agrônomo de Campinas mostraram que, para produzir 25 t/ha de raízes, a cultura retira do solo 55 kg de N, 11 kg de  $P_2O_5$  e 48 kg de  $K_2O$  (Corrêa 1968).

A fim de verificar a possibilidade de aumento da produtividade fluminense, e com base nas conclusões tiradas pelos autores citados, sete experimentos foram conduzidos pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul (IPEACS), a partir de 1968, para estudar, nas condições do Estado do Rio de Janeiro, a reação da mandioca à adubação com os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, a melhor maneira de aplicação deste último elemento para elevar os rendimentos da cultura em bases econômicas, e a influência da aduba-

ção mineral na formação de raízes dos tipos comercial (20-40 cm) e industrial (30-50 cm).

#### MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos com mandioca (*Manihot esculenta* Grantz) foram instalados em 1968 e colhidos em 1970 em São João da Barra (ensaios I e II), em solos indiscriminados formados sob material terciário (tabuleiros), e em São Pedro da Aldeia (ensaio III), em solo planossol. Os cultivares usados para testar as formulações empregadas foram Manjari, Suruí e Branquinha, respectivamente para os ensaios I, II e III.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com 12 tratamentos e três repetições, tendo oito dos tratamentos obedecido a um fatorial  $2^2$ . Os quatro tratamentos restantes, colocados como adicionais, foram repetições daqueles que continham o potássio, porém, com este elemento aplicado parceladamente e em cobertura, como o nitrogênio.

Os fertilizantes foram usados nos níveis 0 (ausência) e 1 (presença), este nas doses de 30 kg/ha de N, 80 kg/ha de  $P_2O_5$  e 40 kg/ha de  $K_2O$ , tendo sido fornecidos pelos adubos sulfato de amônio (20% de N), superfosfato simples (20% de  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (50% de  $K_2O$ ). Abertos os sulcos de 0,20 m de profundidade, a adubação foi feita misturando-se ao solo todo o superfosfato simples, o cloreto de potássio e 1/3 da dose do sulfato de amônio. Em seguida foi feito o plantio, colocando-se horizontalmente, no fundo dos sulcos, as manivas de 0,20 m de comprimento. O restante da adubação nitrogenada foi aplicado em cobertura em duas partes iguais, a primeira dois meses após o plantio e a última quatro meses após o mesmo.

Cada parcela era constituída por cinco fileiras, espaçadas de 1,00 m, com sete plantas distanciadas de 0,50 m, tendo sido na época da colheita eliminadas a primeira e a quinta fileiras e ainda uma planta em cada cabeceira das fileiras, ficando 15 plantas úteis numa área de 7,50  $m^2$ .

Com base nos resultados dos três primeiros ensaios, instalaram-se, nos mesmos municípios, mais quatro experimentos em que foram testados N, P e K em três níveis, usando-se o esquema fatorial  $3^3$  com a subdivisão de suas parcelas, a fim de que pudesse estudar, numa mesma formulação, a ação do potássio aplicado de uma só vez no plantio, juntamente com o fósforo, e parceladamente nas mesmas condições do nitrogênio, já descritas nos três primeiros ensaios.

Os níveis usados foram 0, 1 e 2, correspondendo às doses de 0, 15 e 30 kg/ha de N, 0, 40 e 80 kg/ha de  $P_2O_5$  e 0, 20 e 40 kg/ha de  $K_2O$ , fornecidas as quantidades pelos mesmos adubos utilizados anteriormente. Cada subparcela era constituída de quatro fileiras espaçadas de 1,00 m, contendo cada uma sete plantas espaçadas de 0,50 m, com área bruta de 14  $m^2$  e útil de 5  $m^2$ , pois para o cômputo de produção foram tomadas as duas fileiras centrais com cinco plantas cada.

Dos quatro experimentos desta segunda fase, três foram instalados em São João da Barra (ensaios IV, V e VI) e tiveram como cultivares testes o Manjari (ensaios IV e VI) e Suruí (ensaio V), e o último em São Pedro da Aldeia, onde foi usado o cultivar Branquinha (ensaio VII).

A técnica de aplicação dos adubos, a posição e o tamanho das manivas foram os mesmos usados nos três primeiros ensaios.

Os sete ensaios foram instalados sempre no início das águas (outubro/novembro) e as colheitas efetuadas dezoito meses após o plantio; nos quatro últimos ensaios, além da produção total de raízes, foram computadas as raízes dos tipos comercial (20-40 cm) e industrial (30-50 cm).

As análises de solo de todos os ensaios foram realizadas pela Seção de Solos do IPEACS e seus resultados acham-se no Quadro 1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de produção dos ensaios I, II e III acham-se no Quadro 2 e os resultados obtidos nas análises estatísticas realizadas, no Quadro 3.

QUADRO 1. Resultados obtidos nas análises dos solos utilizados nos sete experimentos

Elementos pesquisados	Município de São João da Barra					Município de São Pedro da Aldeia	
	Ano 1968/70		Ano 1970/72			Ano 1968/70	Ano 1970/72
	Ensaio I	Ensaio II	Ensaio IV	Ensaio V	Ensaio VI	Ensaio III	Ensaio VII
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	2,0(B)*	1,0(B)	1,0(B)	0,0(B)	0,0(B)	5,0(B)	0,0(B)
K <sub>2</sub> O (ppm)	56,0(M)	133,0(M-A)	48,0(M)	52,0(M)	52,0(M)	124,0(M-A)	41,0(B)
Ca++Mg++(mE/100cc de solo)	2,5(M)	4,2(M-A)	1,2(B)	1,1(B)	1,3(B)	3,4(M)	2,5(M)
Al+++ (mE/100cc de solo)	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
pH	6,0	6,2	5,0	5,9	5,9	6,7	6,1

\* B = baixo, M = médio, A = alto teor.

QUADRO 2. Produções de mandioca (kg/ha) nos ensaios I, II e III em que os elementos foram aplicados em dois níveis

Tratamentos	São João da Barra		São Pedro da Aldeia (Ensaio III)	Média dos três ensaios
	Ensaio I	Ensaio II		
100	12.889	19.333	20.889	17.704
010	23.444	26.667	17.111	24.074
001	16.667	19.778	16.889	17.778
110	26.222	25.333	15.556	22.370
101	10.889	23.111	14.222	16.074
011	25.111	23.111	20.000	22.741
111	29.111	30.222	14.000	24.444
000	14.222	20.667	19.378	18.089
Médias dos fatoriais	20.444	23.552	17.256	20.409
001 (p)*	14.889	19.111	19.111	17.704
101 (p)	19.778	21.556	16.889	19.408
011 (p)	28.889	23.333	17.556	23.259
111 (p)	27.333	23.333	23.111	24.592
Médias dos adicionais	22.722	21.833	19.167	21.241
Média dos ensaios	21.203	22.963	17.893	20.686

\* p = tratamentos em que o K foi usado parceladamente.

QUADRO 3. Resultados das análises de variância, isoladas e conjunta, dos três ensaios (dados em kg/parcela útil)

Fontes de variação	São João da Barra				São Pedro da Aldeia (Ensaio III)		Conjunta dos três ensaios	
	Ensaio I		Ensaio II		Q.M.	Efeitos	Q.M.	Efeitos
	Q.M.	Efeitos	Q.M.	Efeitos				
Fatorial versus adicionais	2.335	—	1.291	—	1.643	—	933	—
N	600	— 120	1.276	— 175	1.601	— 186	276	— 141
P	62.017**	+ 1.220**	10.627**	+ 505	468	— 106	36.405**	+ 1.619**
K	0	0	376	+ 95	1.291	— 176	91	— 81
NP	1.667	+ 200	301	+ 85	864	— 144	276	+ 141
NK	67	+ 40	3.626	+ 295	1.568	— 194	276	+ 141
PK	17	— 20	51	— 35	2.321	+ 236	455	+ 181
NPK	2.400	+ 240	301	+ 85	2	— 6	1.413	+ 319
Adicionais	7.274*	—	675	—	1.313	—	5.262	—
Locais	—	—	—	—	—	—	13.421**	—
Blocos d/locais	—	—	—	—	—	—	1.870	—
Trat. x locais	—	—	—	—	—	—	3.117**	—
Resíduo	1.786	—	969	—	775	—	1.176	—
C.V. (%)	27	—	18	—	21	—	22	—

\* = significância a 5%, \*\* = significância a 1%.

Os três ensaios realizados com os 12 tratamentos apresentaram efeitos positivos significativos para o fósforo nos ensaios I e II e diferença significativa entre os tratamentos designados adicionais, no ensaio I (Quadro 3); os tratamentos que continham fósforo no nível 1 foram os que forneceram maiores produções (Quadro 2).

No ensaio III, apesar de não significativo, o fósforo apresentou efeito negativo, o que foi estranho, visto a análise do solo do local do experimento ter mostrado baixo nível deste elemento e teor de alumínio ( $Al^{+++}$ ) igual a zero. Aliás, este experimento foi o que apresentou produção mais baixa e nenhum dos elementos pesquisados mostrou significância.

O efeito positivo e significativo do fósforo foi comprovado pela análise conjunta dos três ensaios, assim como também o foi a falta de reação do nitrogênio e do potássio quando aplicados isoladamente, pois nesta análise, apesar de não terem sido significativos, estes elementos apresentaram-se com efeitos negativos. Nesta mesma análise, a significância apresentada para a interação tratamentos x locais veio comprovar o comportamento do fósforo nos três ensaios, pois com o desdobramento dos graus de liberdade desta interação, a única significativa foi a do fósforo x locais.

No Quadro 4 encontram-se as produções obtidas nos ensaios IV, V, VI e VII e no Quadro 5, as análises estatísticas de cada experimento e a conjunta dos mesmos.

*et al.* (1953, 1954), a produção de mandioca passa a ser controlada pelo nitrogênio quando é alcançado o nível mínimo para o fósforo.

O efeito do potássio foi o mesmo que o do nitrogênio, pois este elemento apresentou os percentuais de 10, -4, 10 e 12, nos ensaios IV, V, VI e VII, respectivamente, resultado discordante dos de Grossman (1945), que verificou uma reação mais acentuada para o potássio, seguido do fósforo, e de Silva e Freire (1968), os quais concluíram que em solos arenosos de baixa fertilidade o potássio apresentou um aumento considerável na produção da mandioca. Malavolta *et al.* (1953, 1954), em ensaios de areia lavada, concluíram que o potássio foi o elemento de menor efeito na produção de raízes, resultado concordante com o de Dias (1966).

Ainda sobre o potássio, deve ser lembrado que neste trabalho procurou-se estudar a melhor maneira de sua aplicação para o aumento da produtividade, usando-se o fracionamento da dose total em três porções aplicadas juntamente com o nitrogênio. Verificou-se que não houve efeito do parcelamento do potássio em três dos quatro ensaios realizados, o que permite admitir que a incorporação do potássio ao solo pode ser perfeitamente realizada na época do plantio, fato confirmado pela análise conjunta que não revelou significância para modos de aplicação do potássio (Quadro 5). Diante do exposto, os resultados obtidos concordam em parte com os de Normanha *et al.* (1968) que, estudando métodos

QUADRO 4. Produções (kg/ha) obtidas nos ensaios IV, V, VI e VII, em que os elementos foram aplicados em três níveis, e produções referentes ao parcelamento do potássio

Tratamentos	São João da Barra			São Pedro da Aldeia (Ensaio VII)	Média dos quatro ensaios
	Ensaio IV	Ensaio V	Ensaio VI		
N <sub>0</sub>	19.233	27.656	26.100	23.189	24.044
N <sub>1</sub>	17.755	27.633	28.278	22.233	23.975
N <sub>2</sub>	19.611	27.967	28.522	22.989	24.772
P <sub>0</sub>	8.011	23.711	20.067	23.056	18.711
P <sub>1</sub>	22.878	29.500	29.911	24.300	26.647
P <sub>2</sub>	25.711	30.044	32.922	21.056	27.433
K <sub>0</sub>	17.833	28.211	25.067	21.000	23.253
K <sub>1</sub>	18.878	28.111	28.333	23.856	24.794
K <sub>2</sub>	19.889	28.933	28.600	23.556	24.744
K de uma só vez	18.806	28.837	28.104	22.630	24.094
K parcelado	18.925	28.667	27.163	22.978	24.433
Média dos ensaios	18.866	27.752	27.634	22.804	24.203

Os resultados obtidos nesses ensaios vieram confirmar inteiramente as reações dos macronutrientes N, P e K nos três experimentos, pois indicaram significância estatística para a linearidade e desvio da linearidade para o fósforo, o que informa que não foi a dose mais elevada usada nos experimentos a que realmente trouxe aumento preponderante na produção.

No Quadro 5 pode ser constatada a falta de influência do nitrogênio, que apresentou efeito positivo nos três ensaios de São João da Barra e negativo no de São Pedro da Aldeia, mas estatisticamente não significativos. No Quadro 4 pode-se verificar que, do nível N<sub>0</sub> para N<sub>2</sub> houve aumento de 2%, 1% e 9% nos ensaios IV, V e VI, respectivamente, e diminuição de 0,9% no ensaio VII, instalado em São Pedro da Aldeia. Embora seja o nitrogênio o elemento que a cultura da mandioca retira em maior quantidade do solo (55 kg/ha), segundo Corrêa (1968), não foi comprovada nestes ensaios a eficiência para o mesmo. Segundo Malavolta

de aplicação de NPK, concluíram que os melhores foram o da aplicação de PK no sulco do plantio completada mais tarde com a aplicação do nitrogênio em cobertura, e o da aplicação dos três elementos essenciais em sulcos laterais no momento do plantio.

Estudaram-se as interações de N, P e NP com modos de aplicação do potássio e verificou-se significância somente para NP x modos de aplicação de K no ensaio V, mostrando que os tratamentos N<sub>1</sub>P<sub>1</sub> e N<sub>1</sub>P<sub>2</sub> tiveram um aumento de 39 e 21%, respectivamente, quando em presença do K parcelado. Ainda neste ensaio, observou-se significância para o parcelamento de K, mas pode-se verificar no Quadro 4 que a dose 0 deste elemento proporcionou 28.211 kg/ha, produção praticamente igual à do K parcelado, que foi de 28.667 kg/ha.

Antes de se focalizar a influência do macronutriente fósforo, convém realçar que os ensaios III e VII, realizados em São Pedro da Aldeia, não mostraram reação para os elementos estudados, causando uma certa sur-

Quadro 5. Resultados das análises isoladas e conjunta dos ensaios da segunda fase do trabalho, na qual se estudou, além da influência de N, P, K, o modo de aplicação do potássio, e suas respectivas interações

Fontes de variação	São João da Barra				São Pedro da Aldeia (Ensaio VII)				Análise conjunta dos quatro ensaios					
	Ensaio IV		Ensaio V		Ensaio VI		Efeitos		Q. M.		Efeitos		Q. M.	
	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos
N'	32	+ 34	22	+ 28	1.320	+ 218	9	- 18	477	+ 262	477	+ 262	477	+ 262
N''	833	+ 300	9	+ 32	280	- 174	220	+ 154	225	+ 312	225	+ 312	225	+ 312
P'	70.490**	+ 1.593**	9.025**	+ 570**	37.183**	+ 1.157**	900	- 180	68.469**	+ 3.140**	68.469**	+ 3.140**	68.469**	+ 3.140**
P''	10.860*	- 1.083*	2.063*	- 472*	3.501*	- 615*	1.511	- 404	15.337**	- 2.574**	15.337**	- 2.574**	15.337**	- 2.574**
K'	951	+ 185	367	- 115	1.560	+ 237	1.469	+ 230	2.002	+ 537	2.002	+ 537	2.002	+ 537
K''	0	- 3	87	- 97	331	- 180	746	- 284	760	- 573	760	- 573	760	- 573
N'P'	352	+ 92	204	- 70	182	- 66	737	- 133	326	- 177	326	- 177	326	- 177
N'K'	2.090	+ 224	3	+ 8	2.522	- 246	8	- 14	8	- 28	8	- 28	8	- 28
P'K'	560	- 116	368	+ 91	60	+ 38	345	+ 91	119	+ 107	119	+ 107	119	+ 107
Locais	-	-	-	-	-	-	-	-	21.651**	-	21.651**	-	21.651**	-
Blocos dentro locais	-	-	-	-	-	-	-	-	2.008	-	2.008	-	2.008	-
Tratamentos x locais	-	-	-	-	-	-	-	-	1.374	-	1.374	-	1.374	-
Resíduo (a)	1.038	-	458	-	570	-	493	-	780	-	780	-	780	-
Modos de aplicação de K	5	-	1.130*	-	298	-	40	-	155	-	155	-	155	-
N x modos de aplicação de K	745	-	494	-	800	-	148	-	211	-	211	-	211	-
P x modos de aplicação de K	452	-	72	-	518	-	52	-	320	-	320	-	320	-
NP x modos de aplicação de K	952	-	962**	-	401	-	598	-	1.159	-	1.159	-	1.159	-
Trat. x modos aplicação de K x locais	-	-	-	-	-	-	-	-	687**	-	687**	-	687**	-
Resíduo (b)	276	-	168	-	212	-	465	-	225	-	225	-	225	-
C. V. (%)	a=29 e b=18	-	a=11 e b=18	-	a=12 e b=10	-	a=14 e b=19	-	a=10 e b=12	-	a=10 e b=12	-	a=10 e b=12	-

presa, pois mesmo tendo a análise de solo mostrado baixo nível para o fósforo, este elemento não apresentou efeito significativo, enquanto que nos demais ensaios seus efeitos foram positivos e altamente significativos.

O fósforo reagiu favoravelmente em todos os ensaios instalados em São João da Barra, mostrando em todos eles que o nível mais alto utilizado não apresentou a reação que se esperava.

Observando o Quadro 4, vê-se que houve aumento da produção em função da variação de nível de  $P_2O_5$ , sendo o acréscimo maior quando do nível  $P_0$  para  $P_1$ , em todos os ensaios, e bem menor de  $P_1$  para  $P_2$ . Assim, os percentuais obtidos de  $P_0$  para  $P_1$  foram de 186, 24

Os resultados obtidos para o fósforo neste trabalho foram concordantes com os de Normanha (1946, 1951) e Normanha e Pereira (1950, 1964) e também com os de Dias (1966) que, em experimentos de campo, concluíram que a adubação fosfatada foi preponderante no aumento da produção de raízes. Ainda Malavolta *et al.* (1953, 1954), em ensaios de areia lavada, concluíram que o fósforo foi o elemento que mais influenciou na produção de raízes.

Nestes quatro últimos ensaios estudou-se ainda a influência da adubação na formação das raízes quanto ao tamanho, classificando em tipo comercial as que possuíam o comprimento de 20 a 40 cm e como industrial, as de 30 a 50 cm.

QUADRO 6. Equações de produção em função somente de  $P_2O_5$ , nos ensaios IV, V e VI e conjunta dos mesmos, realizados no município de São João da Barra, onde o fósforo mostrou-se significativo

Ensaio	Equações	N.O. de $P_2O_5^*$	Produção (kg/ha)	N.E. de $P_2O_5$	Produção (kg/ha)
IV	$y = 8.012,580875 + 522,100000P - 3,760625P^2$	69 (max.)	26.133	67	26.112
V	$y = 23.711,870954 + 210,287460P - 1,639062P^2$	64 (max.)	30.457	59	30.413
VI	$y = 20.007,378704 + 331,512400P - 2,135312P^2$	78 (max.)	32.934	74	32.906
Conjunta dos três ensaios	$y = 17.265,670000 + 354,487500P - 2,510000P^2$	71 (max.)	29.781	67	29.749

\* N.O. = níveis ótimos, N.E. = níveis econômicos, ambos em kg/ha.

e 49 (média 86%), e de  $P_1$  para  $P_2$ , de 12, 2 e 10 (média 8%), respectivamente nos ensaios IV, V e VI, realizados em São João da Barra. O fato descrito é bem evidenciado no Quadro 6; quando se calculou o nível ótimo, e após, o econômico de  $P_2O_5$ , verificou-se que o nível ótimo de  $P_2O_5$  para a obtenção da máxima produção foi de 71 kg/ha, e o econômico, de 67 kg/ha. A diferença entre esses dois níveis, de 4 kg/ha de  $P_2O_5$  (20 kg/ha de superfosfato simples), correspondeu a um acréscimo irrisório de 32 kg/ha na produção de mandioca.

Tomando o preço do adubo como Cr\$ 0,32 por kg e o da mandioca como Cr\$ 0,10 por kg, conclui-se que deve ser usado o nível econômico de  $P_2O_5$  (67 kg/ha).

As análises de variância isoladas e conjunta foram realizadas obedecendo à mesma marcha de cálculo de quando se apreciou a produção total, e seus resultados acham-se nos Quadros 8 e 10, enquanto as produções comercial e industrial estão registradas nos Quadros 7 e 9, respectivamente.

Observando os Quadros 8 e 10, pode-se verificar que as análises relativas aos tipos comercial e industrial confirmaram os resultados encontrados nas análises da produção total com relação ao elemento fósforo. Nos Quadros 7 e 9 pode ser verificado que os aumentos nas produções, quando se passou do nível  $P_0$  para  $P_2$ , foram de 45% para as raízes do tipo comercial e 72% para as do tipo industrial. Este maior aumento verifi-

QUADRO 7. Produções (kg/ha) referentes às raízes do tipo comercial (20-40 cm), obtidas nos ensaios IV, V, VI e VII, nos níveis usados de N, P e K

Tratamentos	São João da Barra			São Pedro da Aldeia (Ensaio VII)	Médias dos quatro ensaios
	Ensaio IV	Ensaio V	Ensaio VI		
$N_0$	11.122	15.722	15.678	16.722	14.811
$N_1$	11.511	17.111	17.300	14.889	15.203
$N_2$	13.289	17.150	17.911	16.765	16.278
$P_0$	5.289	13.733	12.833	16.800	12.164
$P_1$	13.833	17.733	17.756	16.678	16.500
$P_2$	16.800	18.522	20.330	14.889	17.628
$K_2$	10.778	16.900	15.689	14.744	14.528
$K_1$	12.133	16.756	18.444	17.100	16.108
$K_2$	13.011	16.333	16.756	16.522	15.656
K de uma só vez	12.088	16.415	17.037	15.978	15.380
K parcelado	11.859	16.911	16.889	16.267	15.481
Médias dos ensaios	11.974	16.663	16.963	16.122	15.430

Quadro 8. Resultados obtidos nas análises isoladas e conjunta realizadas com as produções de raízes do tipo comercial (20-40 cm)

Fontes de variação	São João da Barra			São Pedro da Aldeia			Análise conjunta dos quatro ensaios			
	Ensaio IV		Ensaio V		Ensaio VI		Ensaio VII		Efeitos	
	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos		
N'	1.056	+ 195	462	+ 129	1.122	+ 201	0	+ 3	1.936	+ 528
N''	145	+ 125	136	- 121	77	- 91	1.026	+ 333	140	+ 246
P'	29.813**	+ 1.036	5.160**	+ 431	12.541**	+ 672**	821	- 172	26.869**	+ 1.967
P''	2.334	- 502	773	- 289	424	- 214	208	+ 150	3.083*	- 1.155
K'	1.122	+ 201	72	- 51	256	+ 96	711	+ 160	1.145	+ 406
K''	17	- 43	6	- 25	1.481	- 400	645	- 264	1.240	- 732
N' P'	950	+ 151	15	- 19	913	- 148	80	- 44	38	- 60
N' K'	2.817	+ 290	51	+ 35	11	+ 16	0	+ 2	1.021	+ 313
P' K'	176	+ 65	376	+ 95	67	- 40	92	+ 47	291	+ 167
Locais	-	-	-	-	-	-	-	-	7.332**	-
Blocos dentro de locais	-	-	-	-	-	-	-	-	660	-
Tratamentos x locais	-	-	-	-	-	-	-	-	704	-
Resíduo (a)	402	-	172	-	777	-	360	-	541	-
Modos de aplicação de K	18	-	83	-	7	-	28	-	14	-
N x modos de aplicação de K	285	-	62	-	87	-	104	-	282	-
P x modos de aplicação de K	64	-	98	-	286	-	118	-	32	-
NP x modos de aplicação de K	640	-	257	-	464	-	380	-	324	-
Trat. x modos de aplicação de K x locais	-	-	-	-	-	-	-	-	259	-
Resíduo (b)	400	-	178	-	303	-	365	-	326	-
C. V. (%)	a=26 e b=33		a=11 e b=16		a=23 e b=20		a=13 e b=24		a=21 e b=23	

Quadro 9. Produções (kg/ha) referentes às raízes do tipo industrial (30-50 cm), obtidas nos ensaios IV, V, VI e VII, nos níveis usados de N, P e K

Tratamentos	São João da Barra			São Pedro da Aldeia			Médias dos quatro ensaios		
	Ensaio IV		Ensaio V		Ensaio VI		Ensaio VII		Médias dos quatro ensaios
	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	
N <sub>0</sub>	11.389	6.711	12.011	10.778	10.222	10.222	10.778	10.222	10.222
N <sub>1</sub>	9.878	7.311	13.111	9.756	10.014	10.014	9.756	10.014	10.014
N <sub>2</sub>	12.855	7.444	13.178	10.133	10.903	10.903	10.133	10.903	10.903
P <sub>0</sub>	3.478	5.978	9.078	9.889	7.106	7.106	9.889	7.106	7.106
P <sub>1</sub>	13.011	7.556	15.156	11.411	11.783	11.783	11.411	11.783	11.783
P <sub>2</sub>	17.433	7.934	14.067	9.367	12.250	12.250	9.367	12.250	12.250
K <sub>0</sub>	10.833	7.322	11.889	9.211	9.814	9.814	9.211	9.814	9.814
K <sub>1</sub>	11.566	8.233	13.778	11.367	11.236	11.236	11.367	11.236	11.236
K <sub>2</sub>	11.722	5.911	12.633	10.089	10.089	10.089	10.089	10.089	10.089
K de uma só vez	10.925	6.304	13.489	10.318	10.259	10.259	10.318	10.259	10.259
K parcelado	11.822	8.007	12.044	10.126	10.500	10.500	10.126	10.500	10.500
Médias dos ensaios	11.374	7.156	12.767	10.222	10.380	10.380	10.222	10.380	10.380

QUADRO 10. Resultados obtidos nas análises isoladas e conjunta realizadas com as produções de raízes do tipo industrial (30-50 cm)

Fontes de variação	São João da Barra						São Pedro da Aldeia (Ensaio VII)			Análise conjunta dos quatro ensaios		
	Ensaio IV		Ensaio V		Ensaio VI		Ensaio VII		Q. M.		Efeitos	
	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos	Q. M.	Efeitos
N'	484	+ 132	121	+ 66	306	+ 105	93	- 58	417	+ 245		
N''	1.511	+ 404	16	- 42	80	- 93	147	+ 126	361	+ 395		
P'	45.085**	+ 1.274	860	+ 176	5.000**	+ 449	61	- 47	23.819**	+ 1.852		
P''	1.809	- 442	108	- 108	3.852*	- 645	951	- 321	5.320**	- 1.516		
K'	187	+ 80	448	- 127	125	+ 67	173	- 79	68	+ 99		
K''	25	- 52	784	- 291	690	- 273	884	- 309	1.981	- 925		
NP'	131	+ 56	7	- 13	323	+ 88	273	- 81	26	+ 50		
NPK'	1.080	+ 161	330	- 89	1.838	- 210	155	- 61	413	- 199		
P'K'	308	- 128	864	+ 144	12	- 17	504	+ 110	124	+ 109		
Locais	-	-	-	-	-	-	-	-	7.698	-		
Blocos dentro de locais	-	-	-	-	-	-	-	-	1.933**	-		
Tratamentos x locais	-	-	-	-	-	-	-	-	897	-		
Resíduo (a)	650	-	365	-	613	-	626	-	573	-		
Medos de aplicação de K	271	-	980	-	704	-	13	-	78	-		
N x modos de aplicação de K	125	-	52	-	200	-	168	-	60	-		
P x modos de aplicação de K	306	-	122	-	228	-	781	-	588	-		
NP x modos de aplicação de K	407	-	421	-	104	-	409	-	11	-		
Trat x modos de aplicação de K x locais	-	-	-	-	-	-	-	-	311	-		
Resíduo (b)	295	-	345	-	260	-	225	-	293	-		
C. V. (%)	a = 30 e b = 30		a = 38 e b = 52		a = 27 e b = 23		a = 35 e b = 29		a = 32 e b = 33			

cado para raiz do tipo industrial indica a influência do fósforo na formação de raízes maiores.

Observou-se que, independentemente da adubação, houve maior formação de raízes do tipo comercial (20-40 cm), apresentando maiores produções quando comparadas com as produções de raízes do tipo industrial (30-50 cm).

Quanto ao parcelamento do potássio, a análise conjunta para tipos de raízes indicou não haver efeito do mesmo.

### CONCLUSÕES

Os ensaios da primeira e segunda fases realizados em São Pedro da Aldeia não mostraram reação para nenhum dos elementos pesquisados na produtividade da mandioca.

Em São João da Barra, nos ensaios da primeira fase, os aumentos proporcionados pela presença do fósforo foram de 99 e 27%, respectivamente. Nos ensaios da segunda fase, o fósforo teve efeito positivo e significativo para as componentes linear e quadrática, apresentando um aumento médio de 86% de  $P_0$  para  $P_1$  e de 8% de  $P_1$  para  $P_2$ .

Os níveis ótimos e econômicos obtidos para cada ensaio indicam que a necessidade média econômica para os solos estudados em São João da Barra é de 67 kg/ha de  $P_2O_5$ , que correspondem a 335 kg/ha de superfato simples.

O nitrogênio e o potássio, assim como a técnica de aplicação do potássio, não influíram significativamente na produção da mandioca, resultado encontrado em todos os ensaios realizados.

As análises referentes às produções de raízes dos tipos comercial e industrial, confirmando inteiramente as realizadas para a produção total, evidenciaram a influência do macronutriente fósforo quando usado na dose 2 (80 kg/ha).

### AGRADECIMENTOS

Ao Mestre Rural Horácio Francisco da Silva, ao Eng.º Agrônomo Oscar Lopes e aos Técnicos Agrícolas da ACAR-RJ, Antônio Magno Xavier Carneiro e João Gilberto Pires, os autores agradecem pela colaboração prestada na instalação e condução dos experimentos.

ABSTRACT.- Nunes, W.de O.; Britto, D.P.P.de S.; Meneguelli, C.A.; Arruda, N.B.de; Oliveira, A.B.de [*Cassava responses on mineral fertilization and methods potassium application in low fertility soils*]. Resposta da mandioca à adubação mineral e a métodos de aplicação do potássio em solos de baixa fertilidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1974) 9, 1-9 [Pt, en] IPEACS, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil.

Seven fertility trials were conducted on sites located in two counties in the state of Rio de Janeiro. The purpose of the trials was to determine the effects of N, P and K and method of K application on the yields of Cassava (*Manihot esculenta* Grantz).

Yield responses at two sites were not statistically significant. At the remaining five sites, phosphorus was the major factor limiting Cassava yields. Application of 40 kg/ha of  $P_2O_5$  increased yields an average of 86%. With the application of an additional 40 kg/ha of  $P_2O_5$ , the average yield increase was only 8%. Quadratic production functions computed for three sites indicated that 67 kg/ha  $P_2O_5$  was the most economic level of application and resulted in an average yield of 29,746 kg/ha. State average yields of Cassava are approximately 12,000 kg/ha.

Yield responses to up to 30 kg/ha of N and up to 40 kg/ha of  $K_2O$  were not statistically significant. Likewise, splitting the application of K had no influence on yields.

*Additional index words:* *Manihot esculenta* Grantz.

### REFERÊNCIAS

- Albuquerque, M.de 1969. A mandioca na Amazônia. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, Min. Interior, Belém, Brasil. 55 p.
- Corrêa, H. 1968. Mandioca do indígena à mecanização. Livro Anual da Agricultura, Min. Agricultura, p. 107-120.
- Corrêa, H. 1972. Cooperação internacional para pesquisas em mandioca. Inst. Pesq. Agropec. Centro-Oeste, Sete Lagoas, Minas Gerais. (Mimeo.)
- Dias, C.A.C. 1966. Cultura da mandioca. Bolm téc. 1, Dep. Prod. Animal, Secret. Agric., S. Paulo, 28 p.
- Escritório de Estatística da Subsecretaria de Planejamento e Orçamento 1969. Produção agrícola. Produção dos municípios discriminada segundo os produtos cultivados. Culturas temporárias. Subsecret. de Planej. e Org., Min. Agric., Rio de Janeiro, SUPPLAN EAGRI. (Mimeo.)
- Grossman, J. 1945. A cultura da mandioca no Rio Grande do Sul. Revta Fac. Agron., Montevideo, 42:43-75.
- Malavolta, E., Coury, T., Graner, E.A., Pacheco, J.A.de C. & Brasil Sobrinho, M.O.C.do 1953. Adubação da mandioca (*Manihot utilissima* Pohl). I. Ensaio em areia lavada. Anais Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, S. Paulo, 10:217-222.
- Malavolta, E., Carvalho, J.A.de, Pacheco, J.A.de C., Graner, E.A., Coury, T. & Brasil Sobrinho, H.O.C.do 1954. Estudos sobre a alimentação mineral da mandioca (*Manihot utilissima* Pohl). Anais Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, S. Paulo, 11:21-40.
- Normanha, E.S. 1948. Culturas subsidiárias na fazenda de café. II. A mandioca. Bolm 21, Superint. Serv. Café, p. 189-199.
- Normanha, E.S. 1951. Adubação da mandioca no Estado de S. Paulo. I. Efeito da adubação mineral. Bragantia 11:181-194.
- Normanha, E.S. & Pereira, A.S. 1950. Aspectos agrônomicos da cultura da mandioca (*Manihot utilissima* Pohl). Bragantia 10:179-202.
- Normanha, E.S. & Pereira, A.S. 1964. Cultura da mandioca. Bolm téc. 124, Inst. Agron., Campinas, SP. 29 p.
- Normanha, E.S., Pereira, A.S. & Freire, E.S. 1968. Modo e época de aplicação de adubos minerais em culturas de mandioca. Bragantia 27(1):143-154.
- Rader Jr., L.F., White, L.M. & Whittacker, C.W. 1943. The salt index, a measure of the effect of fertilizers on the concentration of the soil solution. Soil Sci. 55:201-218.
- Silva, J.R.da & Freire, E.S. 1968. Efeito de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio sobre a produção de mandioca em solos de baixa e alta fertilidade. Bragantia 27(2): 357-364.