

ADUBAÇÃO QUÍMICA DO ARROZ NO NORDESTE¹

DIÓGENES DE MORAIS VASCONCELOS² e LÊUCIO MARQUES DE ALMEIDA³

Sumário

Os autores focalizaram os resultados de 14 experimentos fatorais de adubação (NPK - 3×3×3) de arroz, realizados em solos aluviais do litoral nordestino.

Excetuando o experimento n.º 39/59, instalado no vale Pium, Rio Grande do Norte, onde foi positivada a carência de fósforo (P₂O₅), os demais evidenciaram apenas necessidade de nitrogênio e nenhuma reação à aplicação de fósforo e de potássio. A equação de Mitscherlich, para nitrogênio, na análise em conjunto dos 13 experimentos, foi a seguinte:

$$y = 2,4282 [1 - 10^{-0,8817(x + 0,4333)}]$$

O coeficiente de eficácia seria c=0,88

O nível ótimo econômico para nitrogênio foi em torno de 124 kg/ha de N.

INTRODUÇÃO

Paralelamente ao incentivo da rizicultura na faixa costeira do Nordeste do Brasil, onde a precipitação pluviométrica é mais abundante e a temperatura do ar é constantemente elevada, vêm sendo estudados diversos problemas da cultura (Vasconcelos & Almeida 1961), inclusive os de fertilidades.

Os resultados obtidos em 14 experimentos, levados a efeito nos últimos anos, aqui discutidos, levaram-nos a concluir que o emprego de fertilizantes parece ser indispensável à elevação dos seus rendimentos agrícolas.

O prosseguimento destes estudos, abrangendo no futuro maior área geográfica, permitirá obter esclarecimentos mais amplos e mais preciosos.

MATERIAL E MÉTODOS

Fertilizantes

Todos os experimentos consistiram de fatoriais N-P-K, em 3 níveis: 0, 60 e 120 kg/ha de cada elemento.

Foram usados o sulfato de amônio com 20% de N, o superfosfato simples com 20% de P₂O₅ e o cloreto de potássio com 60% de K₂O.

¹ Trabalho apresentado na IX Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada em Fortaleza, em julho de 1963. Foi recebido para publicação em 20 de janeiro de 1966 e constitui o Boletim Técnico n.º 4 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste (IPEANE).

² Eng.º Agrônomo, Chefe da Seção de Fitotecnia do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste (IPEANE), Recife, Pernambuco.

³ Eng.º Agrônomo, Chefe da Seção de Estatística Experimental do IPEANE.

A aplicação dos fertilizantes obedeceu sempre ao seguinte critério: o superfosfato foi totalmente aplicado no momento do plantio; o sulfato de amônio e o cloreto de potássio foram ambos aplicados em cobertura, em duas doses equivalentes à metade da dose total respectiva, sendo a primeira 30 dias após o plantio e a segunda 60 dias.

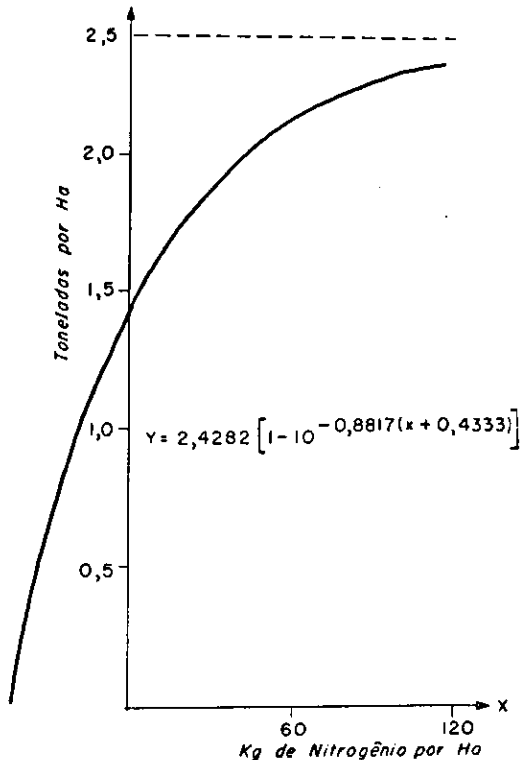


FIG. 1. Adubação com nitrogênio na cultura do arroz em Pernambuco

Operações culturais

A área de cada experimento foi devidamente lavrada e gradeada, antes do semeio, e os tratamentos culturais foram os usuais.

As parcelas foram constituídas de sete fileiras de 10 m de comprimento, afastadas de 40 cm entre si, mas na colheita foram computadas as produções das cinco fileiras centrais, equivalentes a uma área útil de 20 m².

O semeio foi feito manualmente, distribuído 100 sementes por metro linear, em sulco de 3-4 cm de profundidade.

Foi usada sempre a variedade Dourado Agulha.

A posição das parcelas no bloco foi fixada mediante sorteio conforme exemplo exposto no Quadro 1.

QUADRO 1. Posição das parcelas no bloco, fixadas mediante sorteio

X1			X3			X2		
1	2	3	10	11	12	19	20	21
6-12-6	6-0-12	12-0-6	6-0-6	12-6-6	6-6-12	0-6-12	6-0-0	0-0-6
4	5	6	13	14	15	22	23	24
0-12-12	12-6-12	6-6-0	6-12-0	0-12-6	0-6-0	6-6-6	0-12-0	6-12-12
7	8	9	16	17	18	25	26	27
12-12-0	0-0-0	0-6-6	12-12-2	12-6-6	0-0-2	12-12-6	12-6-0	12-0-12

Localização dos experimentos

Os experimentos foram plantados em diversos locais do Estado de Pernambuco relacionados no Quadro 2.

QUADRO 2. Locais dos experimentos

Experimento N.º	Ano	Localização	Município
A31/55	1955	Est. Exp. do Curado	Recife
A32/56	1956	» » »	»
A33/56	1956	Usina Cucau	R. Formoso
A34/57	1957	Est. Exp. do Curado	Recife
A35/57	1957	» » »	»
A36/58	1958	» » »	»
A37/58	1958	CIMEA (Engenho Aldeia)	Pau d'Alho
A38/58	1958	Usina São José	Igarapé
A40/59	1959	Est. Exp. do Curado	Recife
A41/59	1959	Eng. Taboas S. Lourenço da Mata	S. L. da Mata
A42/59	1959	Usina São José	Igarapé
A43/60	1960	Est. Exp. do Curado	Recife
A44/60	1960	CIMEA (Engenho Aldeia)	Pau d'Alho

QUADRO 4. Resultados experimentais obtidos (ton/ha de arroz em casca)

Experimentos	N			P			K			Local	V.E.	C.V.	Estabelecimentos
	N0	N1	N2	P0	P1	P2	K0	K1	K2				
A 31/55	1,84	2,29	2,39	1,97	2,03	2,28	2,18	2,04	2,10	56,90	0,0300	11,37	E. E. Curado
A 32/56	2,29	2,73	3,38	2,76	2,83	2,77	2,83	2,69	2,88	75,65	0,1264	12,86	E. E. Curado
A 33/56	0,64	1,67	1,88	1,34	1,43	1,41	1,37	1,30	1,52	37,70	0,1000	22,86	Usina Cucau
A 34/57	2,07	3,16	3,03	2,59	2,86	2,82	2,96	2,73	2,57	74,30	0,4414	24,00	E. E. Curado
A 35/57	0,84	2,68	3,57	2,33	2,40	2,36	2,40	2,34	2,34	63,60	0,0340	6,77	E. E. Curado
A 36/58	1,10	2,12	2,00	1,60	1,94	1,68	1,90	1,77	1,56	47,00	0,2586	29,31	E. E. Curado
A 37/58	1,49	2,29	2,06	1,87	2,02	1,94	1,67	2,21	1,98	52,50	0,1000	16,49	CIM do Eng.º Aldeia
A 38/58	1,88	2,49	2,44	2,52	2,14	2,14	2,29	2,31	2,21	61,30	0,2300	21,15	Usina São José
A 40/59	1,82	2,31	2,57	2,22	2,19	2,29	2,16	2,23	2,31	60,50	0,1000	14,35	E. E. Curado
A 41/59	1,59	1,74	2,12	2,14	1,76	1,56	1,83	1,83	1,79	49,10	0,1100	18,23	Engenho Taboas
A 42/59	0,72	0,96	1,54	0,99	0,97	1,27	1,33	0,96	0,93	29,00	0,1300	33,64	Usina São José
A 43/60	0,87	1,40	1,26	1,30	1,21	1,03	0,97	1,48	1,10	31,00	0,0300	20,34	E. E. Curado
A 44/60	1,60	1,86	2,22	1,83	1,73	2,11	1,99	1,81	1,88	51,10	0,1800	22,75	CIM do Eng.º Aldeia
T títl.....	18,57	27,70	30,46	25,46	25,61	25,66	25,88	25,70	25,15	680,55	1,9204	--	--
Médias.....	1,42	2,13	2,34	1,95	1,96	1,97	1,99	1,97	1,93	--	--	--	--
		76,73			76,73			76,73					

Precipitação pluviométrica

Na Estação Experimental do Curado, no Recife, onde foram localizados 7 dos 14 experimentos mencionados, a precipitação pluviométrica do período acima foi a do Quadro 3.

QUADRO 3. Distribuição mensal das chuvas no período de 1955/60, na Estação Experimental do Curado, Recife, Pernambuco

Meses	Anos						Médias
	1955	1956	1957	1958	1959	1960	
Janeiro.....	81,0	51,5	(-)	0,0	36,6	47,9	43,3
Fevereiro.....	192,7	61,4	(-)	55,3	210,8	31,6	110,3
Março.....	533,5	514,2	144,7	203,5	89,0	354,0	306,4
Abril.....	238,5	194,7	(-)	108,6	217,1	212,7	200,3
Maió.....	291,3	157,8	186,4	423,7	305,3	223,8	263,0
Junho.....	286,0	291,2	(-)	180,7	609,4	282,3	329,9
Julho.....	354,8	194,2	(-)	460,9	219,9	217,4	289,4
Agosto.....	230,8	307,0	(-)	160,1	126,7	218,3	208,5
Setembro.....	45,2	35,1	(-)	54,0	105,0	73,9	63,8
Outubro.....	37,0	37,7	(-)	17,1	11,8	58,3	32,3
Novembro.....	2,2	9,9	(-)	25,9	53,1	3,0	18,7
Dezembro.....	55,6	0,0	(-)	37,3	21,1	38,2	30,4
Tot is	2.339,5	1.854,7	()	1.728,8	2.038,8	1.766,1	1.830,3

Caracteres pedológicos

Os experimentos n.º 33/56, 37/58, 38/58, 41/59, 42/59 e 44/60 foram instalados em terrenos de baixo, solo franco-argiloso, onde tem sido explorada a lavoura há mais de um século.

O experimento n.º 39/59, foi plantado em terreno de baixo, num paul recentemente drenado.

Os demais foram plantados em solo aluvial da série Curado, cujas características físicas e químicas, refere Costa Lima (1957).

RESULTADOS

As produções médias dos diversos tratamentos, em cada experimento, foram reunidas nos Quadros 4 e 5 ao lado da variância do erro (V.E.) e do coeficiente da variação (C.V.) respectivo.

As análises da variância para cada elemento, no conjunto dos 13 experimentos, foram apresentadas nos Quadros 6 a 8.

QUADRO 5. Análise da variância conjunta dos 14 experimentos

Efeitos	G. L.	Experimentos													
		A 31	A 32	A 33	A 34	A 35	A 36	A 37	A 38	A 39	A 40	A 41	A 42	A 43	A 44
Bloco	2	0,015	0,02	0,15	0,18	0,05	7,26	3,41	4,16	0,81	0,25	0,80	0,04	0,03	0,51
N'	1	2,40	5,39	6,84	4,20	33,34	3,64	1,44	1,44	0,09	2,49	1,28	3,04	0,00	1,74
N''	1	0,44	0,06	0,98	2,20	1,33	1,96	1,60	0,84	0,08	0,08	0,07	0,18	0,64	0,01
P'	1	0,43	0,00	0,02	0,22	0,00	0,03	0,02	0,64	33,62	0,02	1,56	0,34	0,32	0,34
P''	1	0,01	0,08	0,02	0,14	0,02	0,56	0,08	0,21	2,40	0,02	0,05	0,15	0,01	0,34
K'	1	0,02	0,01	0,10	0,68	0,01	0,53	0,37	0,02	0,05	0,10	0,01	0,72	0,04	0,05
K''	1	0,06	0,16	0,12	0,00	0,00	0,01	0,96	0,02	0,01	0,00	0,00	0,18	1,18	0,08
N'P'	1	0,18	1,61	0,14	0,80	0,02	0,27	0,05	0,33	0,33	0,60	0,08	0,00	0,24	0,52
N'K'	1	0,30	0,16	0,00	0,00	0,03	0,01	0,18	0,10	1,14	0,16	0,00	0,21	0,00	0,00
P'K'	1	0,00	0,10	0,36	0,24	0,02	0,08	0,04	0,50	0,01	0,48	0,00	0,01	0,12	0,00
Erro	15	0,03	0,13	0,10	0,44	0,02	0,26	0,10	0,23	0,33	0,10	0,11	0,13	0,06	0,16
C. V. %		11,37	12,86	22,86	24,00	6,77	23,31	13,49	21,15	25,11	14,35	18,33	33,64	20,34	22,75

QUADRO 6. Análise da variância para nitrogênio

Efeitos	G. L.	Q. M.	F.
Nitrogênio (N)	2	2,9832	26,0037+++
Local (L)	12	0,8679	7,5867++
Interação (N x L)	24 (10)	0,1147	6,9933++
Erro	195 (130)	0,0164	

$$\bar{X} = 1,97$$

$$C = 150,9526$$

Os graus de liberdade, entre parêntesis, são os graus de liberdade ajustados pelo método Cochran (Cochran & Cox 1957).

Os efeitos para nitrogênio foram altamente significativos.

QUADRO 7. Análise da variância para fósforo

Efeitos	G. L.	Q. M.	F.
Fósforo (P)	2	0,0032	
Local (L)	12	0,8679	3,68
Interação (P x L)	24 (10)	0,0274	1,67
Erro	195 (130)	0,0164	

$$\bar{X} = 1,97$$

$$C = 150,9526$$

O efeito do fósforo não foi significativo.

QUADRO 8. Análise da variância para potássio

Efeitos	G. L.	Q. M.	F.
Potássio (K)	2	0,0155	
Local (L)	12	0,8873	36,47
Interação (K x L)	24 (10)	0,0238	1,45
Erro	195 (130)	0,0164	

$$\bar{X} = 1,97$$

$$C = 150,9526$$

Não houve efeito significativo para potássio.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Interpretação por experimento

Dentre os 14 experimentos de adubação instalados de 1955 a 1960, oito apresentaram um coeficiente de variação superior a 20%, um pouco além da metade da precisão sofrível.

Nos experimentos 36/58, 37/58, 38/58 e 41/59, instalados respectivamente nas Estações experimentais

do Curado, CIM do Engenho Aldeia, Usina São José e no Engenho Tabocas, ocorreu heterogeneidade significativa entre os blocos.

Excetuando o experimento 39/59, localizado no paul do Núcleo Colonial do Pium, no Estado do Rio Grande do Norte, os demais apresentaram resposta evidente à adubação nitrogenada, à base de sulfato de amônio, de modo que o efeito da regressão linear geralmente apresentou significação ao nível de 1% e a metade dos experimentos apresentou efeito de curvatura com significação estatística.

Os experimentos 31/55, 39/59, 41/59 e 43/60, em suas respectivas análises da variância, mostraram de modo particular, que a adubação fosfatada contribuiu para melhorar as condições de fertilidade do solo.

Nos experimentos 37/58 e 43/60 ocorreram efeitos de curvatura com significação estatística, pois verificou-se, respectivamente, um decréscimo de produção média de 0,25 e 0,38 ton/ha quando passou do nível de 60 kg/ha de K₂O para 120.

O experimento 32/56 apresentou interação significativa nitrogênio × fósforo, em virtude de ter o nitrogênio aumentado a produção tanto na presença como na ausência do fósforo, ao passo que este aumentou a produção na presença do nitrogênio e diminuiu na ausência.

Interpretação do conjunto

Com o emprêgo do sulfato de amônio, como fonte de nitrogênio, a equação de Mitscherlich, na análise em conjunto dos experimentos de adubação do arroz, foi a seguinte:

$$y = 2,4282 [1 - 10^{-0,8817(x + 0,4333)}]$$

A produção máxima teórica, que se poderia conseguir, aumentando indefinidamente a dose de nitrogênio, seria 2,428 ton/ha de arroz em casca, nas condições dos experimentos e com a variedade utilizada.

O coeficiente de eficácia seria $c = 0,8817$, valor acima do encontrado por nós e por Pimentel Gomes e Abreu (1959), com adubação de nitrogênio na cultura da cana de açúcar.

A Fig. 1 reflete a curva de incremento da produção em função da dosagem de nitrogênio.

Considerando que:

a) o aumento médio de produção, quando se passou do nível N_0 (nitrogênio ausente), para o nível N_2 (120 kg/ha de nitrogênio) foi $N_2 - N_0 = 2,34 - 1,42 = 0,92$ ton/ha; b) o preço de 100 quilos de nitrogênio foi de Cr\$ 19.000, correspondendo a Cr\$ 38.000, a tonelada de sulfato de amônio com 20% de N; c) o preço de uma tonelada de arroz em casca foi estimado em Cr\$ 90.000. Obtivemos, pela aplicação da fórmula de Pimentel Gomes e Abreu (1959), um nível ótimo econômico para o nitrogênio em torno de 124 kg/ha de N, seja, 620 kg/ha de sulfato e amônio.

Nas condições em que êstes experimentos foram instalados não foi possível evidenciar, no conjunto, a necessidade do emprêgo de fósforo e de potássio.

Estas conclusões concordam com as de Davis e Jones (1940), que nas áreas rizícolas norte-americanas encontraram resposta favorável para até 200 kg/ha de N, mas nenhum incremento obtiveram com fósforo e potássio. Contrariamente, porém, Feus (1954) apontou resultados altamente satisfatórios com a aplicação de fósforo em muitas áreas rizícolas de Java; Quidet e Bouat (1962) e Takahaski (1960) encontraram reação favorável ao potássio.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à Dr.^a Tezozinha do M. J. Fonsêca, Chefe da Seção de Climatologia do IPEANE, pelos dados meteorológicos fornecidos, aos auxiliares Paulo Aschoff e Antonio Ximenes executores dos projetos, bem como a Maria Celeste da Silva e Adiles Ribeiro de Albuquerque, pelos serviços de cálculos e de datilografia do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Cochran, W. G. & Cox G. M. 1957. *Experimental Designs*. 2nd. ed. Wiley & Sons, New York, 454 p.
- Lima, C. & Wanderley J. 1957. Levantamento dos solos da Estação Experimental do Curado. Bol. Téc. n.º 1 do Inst. Pesq. Exp. Agropec. do Nordeste, Recife, 33p.
- Davis, L. L. & Jones J. N. 1940. *Fertilizer Experiments with rice in California*. USDA Tech. Bull. 718, 21 p.
- Feus, J. G. de 1954. Means of increasing rice production. Centre d'étude de l'Azote, Geneva, 143 p.
- Gomes P. F. & Abreu C. 1957. Sobre uma fórmula para o cálculo da dose mais econômica de um adubo. Anais Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 16:192-198.
- Quidet, P. & Bouat M. M. 1962. Três anos de ensaios de adubação do arroz. *Fertilité* 15:3-9.
- Takahaski, J. 1960. O potássio e a cultura do arroz. *Fertilité* 11:13-22.
- Vasconcelos, D. M. & Almeida L. M. 1960. Espaçamento entre sulcos na cultura do arroz. Bol. Téc. n.º 15 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste, Recife, 26 p.

CHEMICAL FERTILIZATION OF RICE IN THE NORTHEAST

Abstract

The authors present the results of 14 factorial experiments (NPK - 3×3×3) on rice fertilization carried out in alluvial soils of the coastal area of Brazilian Northeast.

Excluding the experiment n. 39/59 located in an organic soil of Pium Valley, Rio Grande do Norte, where phosphorus shortage was detected, a 11 other pointed out lack of nitrogen alone and no reaction to both phosphorus and potash.

Mitscherlich's law, as applied to the point analysis of the 13 experiments, was the following:

$$y = 2,4282 [1 - 10^{-0,8817 (x + 0,4333)}]$$

The estimation of the parameter c , which measures the efficiency of the fertilizer, was $c = 0,88$.

The most profitable level of fertilization for nitrogen was established around 124 kg/ha, as shown in Fig. 1.