

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

Vol. 21

Campinas, outubro de 1962

N.º 50

EXPERIÊNCIAS DE ADUBAÇÃO DO ARROZ COM DIVERSOS FERTILIZANTES FOSFATADOS E POTÁSSICOS (1)

H. S. MIRANDA, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cereais*, e E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo (2), Instituto Agrônômico (3)*

RESUMO

Neste artigo são relatados os resultados obtidos com arroz de sequeiro em duas experiências conduzidas em Campinas, numa área de terra-roxa-misturada, nas quais se estudaram diversos adubos fosfatados e potássicos. Em ambas, os canteiros experimentais foram sucessivamente ocupados por várias culturas, sendo que o arroz foi plantado após 4 colheitas de milho, 2 de algodão e 4 de cereais de inverno, cada uma das quais recebeu, ou não, as adubações indicadas adiante. Para arroz de sequeiro, as produções, nos tratamentos com NPK, foram relativamente elevadas.

Na experiência com fosfatos (superfosfato, escórias de Thomas, Renâniafosfato, farinha de ossos crus e farinha de ossos degelatinados), o efeito médio de 60 kg/ha de P_2O_5 , na presença de NK, correspondeu a +48%. Superfosfato se mostrou um pouco mais eficiente que os outros fosfatos. Embora considerável, a resposta ao fósforo, no arroz, foi muito menor do que as observadas na cultura do milho e principalmente na do algodoeiro.

Dos adubos potássicos ("kainit", sulfato de potássio e magnésio, sulfato e cloreto de potássio), empregados na dose de 70 kg/ha de K_2O e na presença de NP, o cloreto, que foi o mais eficiente, aumentou a produção de apenas 11%. Essa pequena resposta na cultura do arroz poderia ser atribuída ao fato de se ter usado nitrato de sódio como adubo nitrogenado. Todavia, mesmo nessas condições, o efeito do potássio foi muito bom na cultura do milho e enorme na do algodoeiro.

1 — INTRODUÇÃO

Entre 1925-26 e 1941-42 foram conduzidas, na Estação Experimental "Dr. Teodureto de Camargo", Campinas, uma experiên-

(1) Recebido para publicação em 4 de setembro de 1962

(2) Contratado pelo Conselho Nacional de Pesquisas, para colaborar com técnicos do Instituto Agrônômico

(3) Os planos destas experiências foram elaborados pelo eng.º agr.º Teodureto A. Camargo; na sua execução colaboraram J. Hermann e o eng.º agr.º R. Cruz Martins. Os que assinam este artigo são responsáveis pela apresentação e interpretação dos resultados obtidos.

cia comparando diversos fosfatos e outra com diversos adubos potássicos, nas quais figuraram várias culturas. De 1925-26 a 1935-36 os canteiros experimentais, nas duas experiências, tiveram sucessivamente milho, cevada, milho, cevada, algodão, milho, trigo, algodão, milho, trigo, arroz, algodão, algodão, milho e algodão. No período seguinte só foram cultivados no inverno de 1938, com trigo, e em 1941-42, com milho.

Os resultados obtidos até 1929-30 constaram dos correspondentes relatórios do Instituto Agronômico. Recentemente também foram publicados estudos compreendendo todos os anos em que nos canteiros experimentais figuraram o milho (10, 12, 13, 14, 15) e o algodoeiro (8, 9, 10, 15). O objetivo do presente trabalho é apresentar os resultados obtidos com o arroz, os quais, embora se refiram somente a um ano, constituem não desprezível contribuição para o estudo da adubação dessa cultura no Estado de São Paulo.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

A área utilizada, de terra-roxa-misturada com pH=6,5, estava coberta de capim favorito (*Tricholaena rosea* Nees) havia cerca de seis anos. As duas experiências foram instaladas uma ao lado da outra, e, em ambas, a sucessão de culturas foi a mesma indicada no capítulo 1. Portanto, antes do arroz, que só figurou nas experiências em 1931-32, os canteiros foram ocupados por dez culturas: quatro de cereais de inverno, duas de algodão e quatro de milho. O arroz foi cultivado sem irrigação, empregando-se a variedade Dourado. Nas duas experiências usou-se o delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições, tendo os canteiros 50 m² de área útil.

Dos tratamentos comparados na experiência com adubos fosfatados, serão excluídos alguns que não apresentam maior interesse no momento e outros que foram modificados no decorrer dos anos. Aliás, eles já foram estudados em trabalhos anteriores (10, 15), que incluíram a cultura do arroz. Aqui serão considerados apenas o tratamento sem fósforo (NK) e os adubados com NPK, sendo o fósforo empregado nas formas de superfosfato simples, escórias de Thomas, Renâniafosfato, farinha de ossos crus e farinha de ossos degelatinados. Para comparação com as escórias de Thomas também constou da experiência um tratamento tendo NK + cal virgem, esta em dose equivalente à quantidade de CaO contida naquele adubo.

O nitrogênio foi sempre empregado na forma de salitre do Chile e na dose de 80 kg/ha; de K_2O , na forma de cloreto de potássio, usaram-se 100 kg/ha até a sétima cultura e 120 kg/ha a partir da oitava. A dose básica de P_2O_5 foi de 60 kg/ha. Nos primeiros anos, até a sétima cultura, para calcular as doses de superfosfato e das farinhas de ossos, tomaram-se os seus teores totais de fósforo, ao passo que as de Renâniafosfato e escórias de Thomas foram calculadas segundo seus teores de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2%. Quer isso dizer que, nesse período, os dois últimos adubos figuraram com doses contendo cerca de 70 kg/ha de P_2O_5 . A partir da oitava cultura, porém, todos os fosfatos foram calculados segundo os seus teores totais de fósforo.

Exceto na cultura do inverno de 1927, essas doses foram repetidas antes do plantio de cada cultura, sendo os adubos espalhados uniformemente em toda a área dos respectivos canteiros e bem misturados com a terra. Assim, quando os canteiros experimentais foram ocupados pelo arroz, o solo dos adubados com fósforo já tinham resíduos das aplicações anteriores desse elemento, que totalizaram, conforme o adubo, 540 ou 600 kg/ha de P_2O_5 .

Na experiência com adubos potássicos, além de canteiros sem adubo e dos sem potássio (com NP), figuraram tratamentos em que a NP foram adicionados 70 kg/ha de K_2O nas formas de cloreto de potássio, sulfato de potássio, "kainit" ou sulfato de potássio e magnésio, bem como canteiros com nitrogênio, fósforo e sulfato de magnésio em dose equivalente à contida no sulfato de potássio e magnésio, e ainda outros com nitrogênio, fósforo, sulfato de magnésio e cloreto de sódio (estes dois últimos sais, em doses correspondentes às contidas em "kainit").

O nitrogênio foi empregado na forma de salitre do Chile e sempre na dose de 80 kg/ha; o fósforo, como superfosfato simples, na dose de 90 kg/ha de P_2O_5 , até a sétima cultura, e na de 120 kg/ha a partir da oitava. Aplicaram-se esses adubos antes do plantio de cada uma das culturas estudadas, sendo espalhados uniformemente em toda a área dos respectivos canteiros e misturados com a terra por meio de um ancinho. Em 1927 e novamente em 1929 todos os canteiros receberam cal em quantidades equivalentes a 1 600 kg/ha de CaO.

Nas duas experiências foram determinadas a altura das plantas, as produções de arroz em casca (pesado depois de seco ao ar) e as de palha recém-colhida. Esta, portanto, devia ter teor de umidade relativamente elevado.

3 — RESULTADOS

3.1 — EXPERIÊNCIA COM ADUBOS FOSFATADOS

Os resultados obtidos se acham no quadro 1. Os "stands" foram ótimos e as produções, nos tratamentos com NPK, oscilaram entre 2 767 e 3 027 kg/ha de grãos, podendo ser consideradas muito boas, pois trata-se de arroz de sequeiro.

A adição, a NK, de quantidade de cal correspondente à contida nas escórias de Thomas, praticamente não modificou a produção. Em média dos tratamentos sem fósforo (NK e NK + cal) e dos com NPK, as produções de grãos foram, respectivamente, 1 940 e 2 878 kg/ha. Assim, o efeito médio do fósforo alcançou +938 kg/ha (+48%) e foi significativo. Conquanto superfosfato se tenha mostrado um pouco superior aos outros fosfatos, as diferenças entre eles não foram significativas.

Na produção de palha (recém-colhida) as respostas aos diversos fosfatos foram bem mais acentuadas do que na de grãos, e o efeito médio do fósforo, nessa característica, alcançou +62%. Com isso, a relação grãos: palha, que foi 1:3,3 em média dos tra-

QUADRO 1. — Experiência com vários adubos fosfatados realizada em Campinas. Instalada em 1925-26, nela foram plantadas consecutivamente diversas culturas. Produções médias de grãos em casca, secos ao ar, e de palha recém-colhida, bem como altura média das plantas, obtidas em 1931-32, quando os canteiros foram ocupados pelo arroz.

Tratamentos	Produções de		Altura das plantas
	Grãos	Palha	
	kg/ha	kg/ha	cm
NK	1 947	6 520	89
NK + cal (1)	1 933	6 400	87
NK + superfosfato	3 027	11 300	101
NK + escórias de Thomas	2 777	9 620	96
NK + Renâniafosfato	2 880	10 280	96
NK + farinha de ossos crus	2 937	10 600	99
NK + farinha de ossos degelati- nados	2 767	10 520	95

(1) CaO em quantidade correspondente à contida na dose de escórias de Thomas.

tamentos sem fósforo, alargou-se para 1:3,6 na média dos adubados com NPK. A altura das plantas também foi influenciada pelo fósforo. Em média, as plantas sem e com fósforo atingiram, respectivamente, 88 e 97 cm.

3.2 — EXPERIÊNCIA COM ADUBOS POTÁSSICOS

Os “stands” foram satisfatórios e as produções (quadro 2), nos tratamentos adubados, relativamente muito boas.

Em relação aos canteiros sem adubos, a resposta à adubação com NP se elevou a +846 kg/ha de grãos (+59%) e foi significativa.

O efeito do magnésio foi praticamente nulo: a adição de sulfato de magnésio a NP não aumentou a produção; comparando NP + sulfato de potássio com NP + sulfato de potássio e magnésio, verifica-se que seu efeito foi até ligeiramente negativo. Quanto ao sódio, na ausência do potássio (comparando NP + sulfato de magnésio + cloreto de sódio com NP + sulfato de magnésio) seu efeito, embora não significativo, correspondeu a +11%; na comparação de NP + “kainit” com NP + sulfato de potássio e magnésio, porém, êle foi praticamente nulo.

A resposta média ao potássio, mesmo confrontando apenas os três pares de tratamentos que só diferiam pela presença daquele elemento, foi nula, e a diferença entre os adubos potássicos não foi significativa. Tomando somente o tratamento NP + cloreto de potássio, que se mostrou um pouco mais eficiente que os demais com potássio, e comparando-o com NP, o efeito do potássio seria de apenas +11%.

Deve-se assinalar que essa resposta de +11% ao potássio foi obtida na ausência de doses adicionais de sódio (sem considerar a contida em NP) e que o sódio, na ausência do potássio, também aumentou a produção de 11%. Entretanto, a aplicação conjunta dos dois elementos na forma de “kainit”, ficou quase sem efeito. Adiante se voltará a êsse assunto.

Na produção de palha, determinada logo após a colheita (quadro 2), os efeitos dos diversos tratamentos foram, proporcionalmente, os mesmos observados na produção de grãos. Correspondentemente, a relação grãos: palha variou tão somente entre 1:3,6 e 1:3,8. As diferentes adubações pouco influíram na altura das plantas.

QUADRO 2. — Experiência com vários adubos potássicos realizada em Campinas. Instalada em 1925-26, nela foram plantadas consecutivamente diversas culturas. Produções médias de grãos em casca, secos ao ar, e de palha recém-colhida, bem como altura média das plantas, obtidas em 1931-32, quando os canteiros foram ocupados pelo arroz.

Tratamentos	Produções de		Altura das plantas
	Grãos	Palha	
	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>cm</i>
Sem adubo	1 437	5 360	82
NP	2 283	8 340	86
NP + sulfato de magnésio (1) ..	2 307	8 240	89
NP + sulfato de magnésio + cloreto de sódio (2)	2 550	9 560	93
NP + cloreto de potássio	2 523	9 360	87
NP + sulfato de potássio e magn.	2 340	9 660	87
NP + "kainit"	2 317	8 880	84
NP + sulfato de potássio	2 463	9 340	90

(1) Dose de sulfato de magnésio equivalente à contida em sulfato de potássio e magnésio.

(2) Doses de sulfato de magnésio e cloreto de sódio correspondente às contidas em "kainit".

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

4.1 — EFEITO DO FÓSFORO

A resposta média ao fósforo correspondeu a +48% da produção dos canteiros com NK. O fosfato mais eficiente, superfosfato, aumentou-a de 55%.

Conquanto as produções tenham sido muito boas, para arroz de sequeiro, a resposta ao fósforo foi muito inferior às obtidas, na mesma experiência e nos anos anteriores ao arroz, na cultura do milho (7, 12) e, principalmente, na do algodoeiro (9).

Quando o arroz figurou na experiência, o solo dos canteiros com NPK já havia recebido, nas culturas anteriores, mais de 500 kg/ha de P_2O_5 e devia estar mais ou menos saturado de fósforo. Em vista disso, não se pode dizer que a maior eficiência do superfosfato, no arroz, tenha sido uma consequência da sua maior so-

lubilidade. É provável que para ela tenha contribuído a reação do solo nos canteiros adubados com aquele fosfato.

O estudo do solo dos diversos canteiros — que, aliás, só foi feito em 1938 (12, 15) — mostrou que seu pH médio era 6,3 nos tratamentos com escórias de Thomas e Renâniafosfato e baixou para 5,9 no que recebeu superfosfato. Com esses tratamentos, as produções foram, respectivamente, 2 777, 2 880 e 3 027 kg/ha.

Nos casos acima, o nitrogênio foi empregado como nitrato de sódio e o potássio como cloreto. Todavia, conforme esclarecido no capítulo 2, da experiência relatada constaram tratamentos não considerados no presente estudo. Em dois deles o superfosfato e o cloreto de potássio foram usados em combinações com uréia ou sulfato de amônio, as quais fizeram baixar o pH para, respectivamente, 5,6 e 5,1, mas elevaram as produções de arroz para 3 337 e 3 477 kg/ha (10). Quando se plantou o arroz, em 1931-32, provavelmente os índices pH dos canteiros que receberam os dois últimos tratamentos ainda não haviam descido aos níveis observados em 1938. Seja como for, as considerações feitas dão uma boa idéia de como a acidez do solo, até certo ponto, beneficia a produção do arroz.

A adição de cal a NK não obteve resposta, o que também contribuiu para mostrar a tolerância do arroz à acidez do solo. Poder-se-ia objetar que a dose de cal foi pequena ou que a pobreza do solo em fósforo a tornou ineficiente. Parece, contudo, que essas objeções não prevalecem, porque aquela dose foi repetida em nove, das dez culturas anteriores ao arroz, e porque a deficiência de fósforo no solo, para essa cultura, não era tão aguda, tanto que sua produção, sem adição de adubos fosfatados, alcançou mais de 1 900 kg/ha. Deve-se assinalar, também, que, a julgar pelos reflexos na produção, as aplicações de cal não favoreceram a assimilação do fósforo do solo.

4.2 — EFEITO DO POTÁSSIO

O efeito médio do potássio foi praticamente nulo, sendo que o mais eficiente dos adubos em estudo, o cloreto de potássio, aumentou a produção de apenas 11%. Isso parece estranho, pois o arroz figurou na experiência após dez culturas consecutivas e o solo dos canteiros sem potássio (com NP) devia estar depauperado do elemento em questão, em forma facilmente assimilável. Poder-se-ia alegar que assim aconteceu porque, tendo-se empregado o nitrogênio como salitre do Chile, a adubação com NP continha cerca de 130 kg/ha de sódio, elemento que teria tornado supérflua a adição de potássio.

Na ausência do potássio o cloreto de sódio aumentou a produção de 11%, ao passo que na presença daquele elemento (em "kainit") seu efeito foi até ligeiramente negativo. Em outras palavras: na ausência um do outro (sempre ignorando o sódio de NP), tanto o potássio como o sódio aumentaram a produção de 11%; entretanto, a aplicação conjunta dos dois elementos ficou praticamente sem efeito. Isso leva a supor que esse conjunto, adicionado ao sódio de NP, tenha sido excessivo, tanto mais quanto êle também foi empregado nas dez culturas anteriores ao arroz. Em apoio dessa suposição vêm os fatos de terem sido as melhores respostas obtidas com cloreto e sulfato de potássio, portanto, na ausência de doses adicionais de sódio.

Seja como fôr, os efeitos assinalados, além de pequenos, não foram significativos, de sorte que não se pode afirmar que o arroz tenha respondido aos elementos agora estudados. Acresce ainda que essa cultura só figurou um ano na experiência, e, segundo Harmer e colaboradores (3), mesmo nas culturas que agradecem nitidamente a adubação com sódio, seu efeito depende muito das condições meteorológicas.

È interessante lembrar o que se observou nas culturas do milho e do algodoeiro, que ocuparam várias vezes os canteiros da experiência em estudo. Não obstante a presença de elevada dose de sódio na adubação com NP, o efeito do potássio, na cultura do milho (13), foi apreciável no início e cresceu consideravelmente no decorrer dos anos; na do algodoeiro (8), êle foi enorme, mesmo nos anos anteriores ao arroz. Poder-se-ia dizer que, em regra, o milho não tem reagido favoravelmente à adubação com sódio (2, 3, 5, 11). No caso do algodoeiro, porém, que freqüentemente agradece essa adubação (1, 4, 6), pode-se afirmar que, apesar de ser grande a deficiência do solo em potássio, nas condições da experiência o sódio não aumentou a produção nem restringiu o efeito do potássio.

EFFECTS OF VARIOUS PHOSPHORUS AND POTASSIUM SOURCES ON UPLAND RICE

SUMMARY

This paper reports the results obtained with upland rice in two long-term experiments located at Campinas, on "terra-roxa-misturada" soil, in which various sources of phosphorus and potassium fertilizers were compared. In both trials rice occupied the plots after 4 crops of corn, 2 of cotton, and 4 of small grains, each receiving the fertilizers indicated below. For upland rice, the yields were relatively high in the NPK-plots.

In the phosphorus experiment (with superphosphate, Thomas slag, Rhenaniaphosphate, and two kinds of bone meal), the response to 60 kilograms of P_2O_5 per hectare in the presence of NK averaged +48%. superphosphate being slightly superior to the other phosphates. Although very good, this response was much smaller than those obtained in the corn and principally in the cotton crops.

Of the potassium sources (kainit, potassium-magnesium sulfate, potassium sulfate and potassium chloride), applied at the rate of 70 kilograms of K_2O to the hectare in the presence of NP, the chloride, which was the best, increased the yield of only 11%. This small response could be attributed to the use of sodium nitrate as nitrogen source. However, under the same conditions the effect of potassium was good on the corn and very high on the cotton crops.

LITERATURA CITADA

1. COOPER, W. R. P. & PHILLIPPE, M. M. Effects of applications of sodium in fertilizer on yields and composition of the cotton plant. *Soil Sci.* 76:19-28. 1953.
2. COPE, J. T. (JR.), BRADFIELD, R. & PEECH, M. Effect of sodium fertilization on yield and cation content of some field crops. *Soil Sci.* 76:65-74. 1953.
3. HARMER, P. M., BENNE, E. J., LAUGHLIN, W. M. [e outros] Factors affecting crop response to sodium applied as common salt on Michigan muck soil. *Soil Sci.* 76:1-17. 1953.
4. LANCASTER, J. D., ANDREWS, W. B. & JONES, U. S. Influence of sodium on yield and quality of cotton lint and seed. *Soil Sci.* 76:29-40. 1953.
5. LARSON, W. E. & PIERRE, W. H. Interaction of sodium and potassium on yield and cation composition of selected crops. *Soil Sci.* 76:51-64. 1953.
6. MARSHALL, J. G. & STURGIS, M. B. Effects of sodium fertilizers on yield of cotton. *Soil Sci.* 76:75-79. 1953.
7. MARTINS, R. CRUZ. Experiências de adubação. In Instituto Agrônomo de Campinas, Relatório do ano agrícola 1928-29. São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, 1935. p. 84-116.
8. NEVES, O. S., CAVALERI, P. A., ABRAMIDES, E. & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. X — Ensaios com diversos adubos potássicos. *Bragantia* 19:[183]-200. 1960.
9. ————— & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. VII — Ensaios com diversos adubos fosfatados (1.ª série). *Bragantia* 18:[295]-318. 1959.
10. —————, VIÉGAS, G. P. & FREIRE, E. S. Efeito do uso contínuo de certos adubos azotados, sobre o pH do solo. *Bragantia* 19:CXXV-CXXXII. 1960.
11. TRUOG, E., BERGER, K. C. & ATTOE, O. J. Response of nine economic plants to fertilization with sodium. *Soil Sci.* 76:41-50. 1953.

12. VIÉGAS, G. P. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. XI — Efeito residual do fósforo. *Bragantia* 17:[271]-287. 1958.
13. ————. Adubação do milho. XII — Efeito residual do potássio. *Bragantia* 17:[345]-354. 1958.
14. ————. Adubação do milho XXIII — Influência do fósforo, do potássio e da adubação com NPK sobre algumas características das plantas e das espigas. *Bragantia* 20:[741]-757. 1961.
15. ————, NEVES, O. S. & FREIRE, E. S. Sobre o efeito de dois fosfatos naturais. *Bragantia* 19: CXIII-CXVIII. 1960.