

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de S. Paulo

Vol. 31

Campinas, novembro de 1972

N.º 27

ADUBAÇÃO DO TRIGO

II — EXPERIÊNCIAS COM N, P, K E S EM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO ORTO, NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO ^(1,2)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO, engenheiro-agrônomo ⁽³⁾,
Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agrônômico

SINOPSE

Em Latossolo Vermelho Escuro orto, de baixa fertilidade e até então não adubado, foram realizados dois ensaios de adubação N, P, K e S em cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.), em áreas diferentes do município de Itapeva, SP, nos anos de 1969 e 1970. Empregou-se delineamento Central Composto.

Os dados obtidos mostraram grandes efeitos do nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre.

Foram calculadas as quantidades de nitrogênio e de fósforo para a obtenção de maior lucro por área, para as relações de preços entre N e P — 1,5:1, 1,33:1 e 1:1 — considerando-se fixa a dose de 30 kg/ha de K₂O, e calculadas as quantidades de K₂O necessárias para a obtenção de maior lucro por área, para diferentes relações de preços do potássio, com um suprimento constante de 60 kg/ha de N e 60 kg/ha de P₂O₅.

1 — INTRODUÇÃO

O sul do Estado de São Paulo, tradicional região tritícola, vem diminuindo gradativamente sua área de cultivo, e um dos principais motivos é a baixa fertilidade dos solos, embora a região seja ecologicamente favorável à cultura, o mesmo acontecendo com a topografia, que permite a mecanização.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 15 de dezembro de 1971.

⁽²⁾ O autor agradece aos engenheiros-agrônomos Derly Machado de Souza e Luiz Torres de Miranda, a orientação e o estímulo na realização do trabalho.

⁽³⁾ Com bolsa de suplementação do CNPq.

Segundo Gargantini (7), a cultura do trigo na referida região apresenta baixa produtividade, o que é atribuído à muito baixa porcentagem de saturação em bases, à excessiva pobreza em fósforo e à elevada acidez do solo.

Frattini (6) informa que em 1969 os municípios de Itapeva e Itaberá foram os de maior área plantada na região sul.

Considerando os problemas existentes é que se propôs executar o presente trabalho, onde são apresentados os resultados de duas experiências conduzidas no município de Itapeva, nos anos de 1969 e 1971, em áreas de Latossolo Vermelho Escuro orto, nas quais a adubação mineral N, P, K e S foi correlacionada com a produção de grãos.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O delineamento estatístico empregado foi o Central Composto (1).

Os oito primeiros pontos correspondem a um fatorial 2^3 . Os sete seguintes são pontos axiais, incluindo um ponto no centro do delineamento.

Foram incluídos três tratamentos extras (16, 17 e 18), os quais, com o tratamento 9, permitem avaliar o efeito do enxofre (S).

Foram utilizadas duas repetições por local.

Como fonte de adubo nitrogenado foi utilizado o Nitrocálcio (27% N); como fonte de adubo fosforado foi utilizado o superfosfato triplo (46% de P_2O_5); como fonte de adubo potássico foi utilizado o cloreto de potássio (60% de K_2O); e como fonte de enxofre foi utilizado o gesso (20% S).

O modo de aplicação dos adubos obedeceu o seguinte critério: 4/5 do nitrogênio foram aplicados a 0,20 m de profundidade, correspondendo a uma aplicação na sola do arado; e o restante (1/5) foi aplicado juntamente com o fósforo, potássio e enxofre, no sulco de plantio (3).

O cultivar teste foi o IRN-526-63, de origem mexicana.

Os tratamentos foram os seguintes (kg/ha):

<i>Tratamento:</i>	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
1	30	30	15	40
2	30	30	45	40
3	30	90	15	40
4	30	90	45	40
5	90	30	15	40
6	90	30	45	40
7	90	90	15	40
8	90	90	45	40
9	60	60	30	40
10	120	60	30	40
11	0	60	30	40
12	60	120	30	40
13	60	0	30	40
14	60	60	60	40
15	60	60	0	40
16	0	0	0	0
17	0	0	0	40
18	60	60	30	0

As parcelas foram constituídas de 10 linhas de 5 metros, espaçadas de 0,20 m. A semeadura foi feita na base de 40 sementes úteis por metro de sulco, equivalendo a 2000 sementes úteis por parcela. Por ocasião da colheita foram colhidas as seis linhas centrais de cada parcela, deixando as demais como bordadura, portanto com uma área útil de 6 m².

As duas experiências foram conduzidas em áreas diferentes, do município de Itapeva, S P.

O primeiro ensaio foi semeado em 18 de abril e colhido em 17 de setembro de 1969, na Fazenda Barreirinho. O segundo foi semeado em 13 de abril e colhido em 25 de agosto de 1971, na Fazenda Primavera.

Foram retiradas amostras compostas dos solos dos locais estudados, cujos resultados analíticos ⁽⁴⁾ foram os seguintes:

	F. B.	F. P.
pH int	5,55	5,30
C%	1,40	1,80
K ²⁺ ⁽⁵⁾	0,15	0,10
Ca ²⁺ Mg ²⁺ ⁽⁵⁾	2,10	1,20
PO ₄ ³⁻ ⁽⁶⁾	0,03	0,02
Al ³⁺ ⁽⁵⁾	—	1,00

Foram calculadas as quantidades de nitrogênio e de fósforo necessárias para a obtenção do maior lucro por área, para as relações de preços entre N e P₂O₅ 1,5:1 e 1:1, considerando-se fixa a dose de 30 kg/ha de K₂O, e as quantidades de potássio necessárias para a obtenção do maior lucro por área, considerando-se fixas as doses de 60 kg/ha de nitrogênio e 60 kg/ha de P₂O₅.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois ensaios foi satisfatória a germinação das sementes nas diferentes parcelas.

As produções de grãos por tratamento, nos anos de 1969 e 1971, acham-se no quadro 1.

No quadro 2 encontram-se os resultados da análise estatística, na qual foram calculados os parâmetros da equação da experiência de 1969, os parâmetros da equação da experiência de 1971, bem como os parâmetros médios dos dois experimentos.

⁽⁴⁾ Análise efetuada na Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônomo.

⁽⁵⁾ e. mg/100 g de solo. Teores trocáveis

⁽⁶⁾ e. mg/100 g de solo. Teor solúvel em H₂SO₄ 0,05 N

QUADRO 1. — Produções de grãos de trigo obtidas em duas experiências de adubação N, P, K e S realizadas em 1969 e 1971, em Latossolo Vermelho Escuro orto, no município de Itapeva, SP

Tratamento				Produção		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	1969	1971	Média
				<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>
30	30	15	40	1109	1430	1269
30	30	45	40	1150	1240	1195
30	90	15	40	1350	1880	1615
30	90	45	40	1484	1740	1612
90	30	15	40	575	2050	1313
90	30	45	40	1392	1740	1566
90	90	15	40	1325	1820	1573
90	90	45	40	1563	2620	2092
60	60	30	40	1250	2290	1770
120	60	30	40	1434	2350	1892
0	60	30	40	1075	1680	1378
60	120	30	40	1525	2290	1908
60	0	30	40	1138	1210	1174
60	60	60	40	1450	2240	1845
60	60	0	40	1417	1660	1538
0	0	0	0	467	980	723
0	0	0	40	563	1040	803
60	60	30	0	1304	2080	1692

A produção calculada é dada pela seguinte equação:

$$Y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_3 x_3 + B_{11} x_1^2 + B_{22} x_2^2 + B_{33} x_3^2 + B_{12} x_1 x_2 + B_{23} x_2 x_3 + B_{13} x_1 x_3$$
 onde x_1 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 120, 90, 60, 30, 0 kg de N por hectare; x_2 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 120, 90, 60, 30, 0 kg de P₂O₅ por hectare; x_3 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 60, 45, 30, 15, 0 kg de K₂O por hectare; B_0 é a produção calculada para a dose central, ou seja, $x_1 = 0$, $x_2 = 0$ e $x_3 = 0$; B_1 é o efeito linear

QUADRO 2. — Parâmetros calculados pela análise estatística para os ensaios de adubação mineral N, P, K e S de trigo em Latossolo Vermelho Escuro orto, no município de Itapeva, SP, nos anos de 1969 e 1971

Ensaio	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁₁	B ₂₂	B ₃₃	B ₁₂	B ₂₃	B ₁₃	SL	ML	SLML	F
1969	1184	+30	+142**	+81	+9	+29	+54	+43	-61	+110	+12	+380**	-39	4,00**
1971	2124	+205*	+235**	+83	-48	-114	-64	-38	+145	+103	+68	+568**	+38	2,42*
Total	3308	+235	+377	+164	-39	-85	-10	+5	+84	+213	+80	+968	-1	
Média	1654	+118	+189**	+82	-20	-43	-5	+3	+42	+107	+40	+484**	-1	3,99**

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

B₀ — produção calculada pela análise estatística para a dose B₃₃ — efeito quadrático de K₂O
60-60-30, respectivamente de N, P₂O₅ e K₂O.
B₁₂ — interação N — P₂O₅

B₁ — efeito linear de nitrogênio

B₂ — efeito linear do P₂O₅

B₃ — efeito linear de K₂O.

B₁₁ — efeito quadrático de N

B₂₂ — efeito quadrático de P₂O₅

B₂₃ — interação P₂O₅ — K₂O

B₁₃ — interação N — K₂O

SL — efeito linear de S

ML — efeito linear da adubação mineral

SLML — interação SL — ML.

do nitrogênio; B_2 é o efeito linear do P_2O_5 ; B_3 é o efeito linear do K_2O ; B_{12} é a interação N com P_2O_5 ; B_{23} é a interação P_2O_5 com K_2O , B_{13} é a interação N com K_2O .

Se se considerar a equação média dos dois experimentos, verificar-se-á que o efeito linear do nitrogênio foi de +118; isto quer dizer que, para cada 30 kg de N, há um acréscimo de 118 quilos na produção; o efeito linear do fósforo foi altamente significativo e igual a + 189; isto quer dizer que para cada 30 kg de P_2O_5 há um acréscimo de 189 kg na produção; o efeito linear de potássio foi de + 82; isto quer dizer que para cada 15 kg de K_2O há um acréscimo de 82 quilos na produção.

Os efeitos quadráticos e interações na média dos dois experimentos foram respectivamente negativos e positivos, porém não significativos.

Considerando os tratamentos 9, 16, 17 e 18, pode-se calcular o efeito da adubação mineral, que foi de 484 kg/ha, altamente significativo ao nível de 1%; o efeito do enxofre foi positivo mas não estatisticamente significativo.

A análise conjunta dos dois experimentos revela um efeito de tratamentos significativo ao nível de 1%, um efeito de anos também significativo ao nível de 1%, porém interação tratamentos x anos não significativa.

Observando a figura 1 pode-se elaborar a relação seguinte, determinando as quantidades de nitrogênio e de fósforo necessárias para obtenção de maior lucro ou menor prejuízo por área, para as relações de preços entre N e P 1,5:1 e 1:1, permanecendo fixa a dose de 30 kg de K_2O por hectare.

Valores relativos por quilo (1kg de trigo = 1)			Quantidade a ser aplicada, em kg/ha	
N	P_2O_5	Trigo	N	P_2O_5
5,25	3,50	1	40	86
4,16	2,77	1	60	96
3,00	2,00	1	84	104
3,50	3,50	1	75	88
2,77	2,77	1	88	98
2,00	2,00	1	114	106
0	0	1	144	129

A relação indica que: quando são necessários 5,25 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 3,50 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 , a adubação que daria maior lucro por área é de 40 kg de N mais 86 kg de P_2O_5 por hectare; quando são necessários 4,16 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 2,77 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 , a adubação que daria maior lucro por área é de 60 kg de N mais 96 kg de P_2O_5 por hectare; quando são necessários 3,0 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 2,0 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 , a adubação que daria maior lucro por área é de 84 kg de N mais 104 kg de P_2O_5 por hectare; quando são necessários 3,5 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 3,5 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 , a adubação que daria maior lucro por área é de 75 kg de N mais 88 kg de P_2O_5 por hectare; quando são necessários 2,77 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 2,77 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 , a adubação que daria maior lucro por área é de 88 kg de N mais 98 kg de P_2O_5 por hectare; quando são necessários 2 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 2 kg de trigo para pagar 1 kg de P_2O_5 , a adubação que daria maior lucro por área é de 114 kg de N mais 106 kg de P_2O_5 por hectare.

Para a obtenção da produção máxima possível, sem considerar os preços dos adubos, são necessários 144 kg de N mais 129 kg de P_2O_5 por hectare.

Os cálculos econômicos para determinar as quantidades de potássio a serem aplicadas para obtenção do maior lucro por área, para diferentes relações de preços do potássio para o trigo e na presença de 60 kg de N e 60 kg de P_2O_5 por hectare, acham-se na relação dada a seguir.

Dessa relação pode-se inferir que: quando forem necessários 4 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , aplicar-se-ão 63 kg de K_2O por hectare; quando forem necessários 3 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , aplicar-se-ão 85 kg de K_2O por hectare; quando forem necessários 2 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , apli-

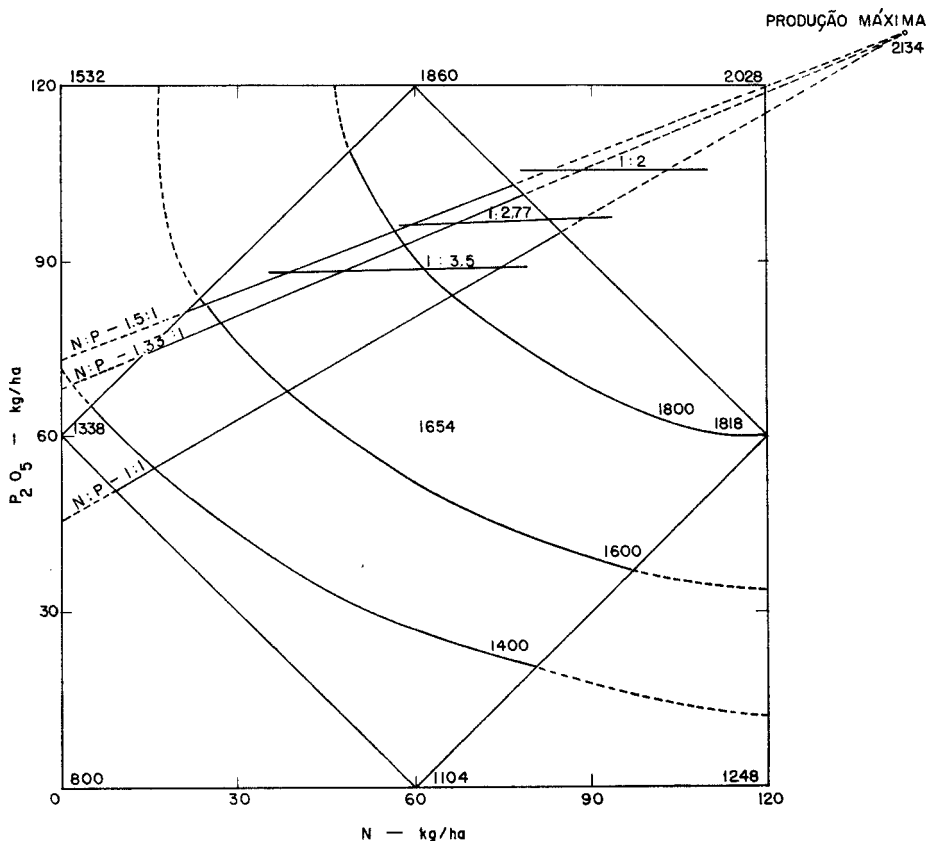


FIGURA 1. — Superfície de resposta (isoquanta = linhas de igual produção, e isóclinas = linhas que cortam as isoquanta em pontos de igual inclinação), indicando para as relações de preços de N:P = 1,5: 1, 1,33:1 e 1:1, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas para a obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo) por área, quando forem consideradas três relações de preços entre nutrientes (N + P₂O₅) e trigo e mantida constante a dose de 30 kg/ha de K₂O.

1 kg de trigo = 1		Quantidade a ser aplicada em kg/ha de K ₂ O
Valores relativos		
K ₂ O	Trigo	
4	1	63
3	1	85
2	1	108
1	1	130
0	0	153

car-se-ão 108 kg de K_2O por hectare; quando for necessário 1 kg de trigo para comprar 1 kg de K_2O , aplicar-se-ão 130 kg de K_2O por hectare.

Para obter a máxima produção possível por área, não computando os preços dos adubos, aplicar-se-ão 153 kg de K_2O /ha.

4 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem tirar as seguintes conclusões:

a) O efeito linear do nitrogênio, na média dos dois experimentos, correspondeu a um aumento de 108 kg por hectare na produção para cada 30 kg de nitrogênio aplicados.

b) O efeito linear do fósforo, na média dos dois experimentos, correspondeu a um aumento de 189 kg de trigo por hectare para cada 30 kg de P_2O_5 aplicados.

c) O efeito linear do potássio, na média dos dois experimentos, correspondeu a um aumento de 82 kg de trigo por hectare para cada 15 kg de K_2O aplicados.

d) O efeito isolado do enxofre aumentou a produção média de 11% em relação à testemunha, e na presença da adubação mineral completa aumentou de 5% a produção.

e) Considerando a relação atual de preços entre N e P_2O_5 como sendo 1,33:1, as quantidades necessárias de N e P_2O_5 por hectare para obter o maior lucro por área (considerando constante a dose de 30 kg/ha de K_2O) seriam de 68 kg e 96 kg, respectivamente.

f) Considerando o preço atual do potássio em relação ao preço do trigo, ter-se-ia que a quantidade de K_2O por hectare necessária para obter o maior lucro por área (considerando constante as doses de 60 kg/ha de N e 60 kg/ha de P_2O_5) seria de 120 kg.

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH WHEAT
(*TRITICUM AESTIVUM* L.). II.

SUMMARY

This work presents the results of two N, P, K, S mineral fertilizer trials with wheat (*Triticum aestivum* L.) carried out at Itapeva, SP, in 1969 and 1971 on Dark Red Latosol soil.

The average results observed in these trials show high effects associated to nitrogen (30 kg/ha N increased 118 kg/ha in the production), to phosphorus (30 kg/ha $P_{2}O_{5}$ incr. 189 kg/ha), and to potassium (15 kg/ha $K_{2}O$ incr. 82 kg/ha).

Sulphur increased the production in 11% in relation to the treatment without fertilizer and in 5% in relation to the complete mineral fertilizer.

An economic study of NPK wheat fertilizing was drawn with the data of the experiments.

LITERATURA CITADA

1. BOX, G. E.; CONNOR, L. R.; COUSINS, N. R.; DAVIES, O. L.; HIMS-NORTH, F. R. & SILLITTO, G. P. The design and analysis of industrial experiments. London, Oliver and Boyd, 1956. p.495-578.
2. CAMARGO, A. P. Aptidão climática para as culturas da soja, girassol e amendoim no Estado de São Paulo. In: Zoneamento da aptidão ecológica para a cultura da soja, girassol e amendoim do Estado de São Paulo. Projeto 1. INSTIÓLEOS/Secret. Agric. S. Paulo, 1971. p.2-28.
3. CAMARGO, C. E. O. Adubação do trigo. I — Experiências com N, P, K e S em Latossolo Roxo no Vale do Paranapanema. Bragantia 31:315-324, 1972.
4. ————. Ensaio regionais. In: Encontro sobre Triticultura, Campinas, 1971. 28p.
5. ————. Relatório dos trabalhos desenvolvidos pelo Setor de Trigo da Seção de Arroz e Cereais de Inverno. Campinas, Instituto Agronômico, 1969 e 1970. (Não publicado)
6. FRATTINI, J. A. Evolução da cultura de trigo. In: Encontro sobre Triticultura, Campinas, 1971. 83p.
7. IGUE, K.; GARGANTINI, H. & ALCOVER, M. Efeito da calagem e da adubação fosfatada em solo ácido e de baixa fertilidade, na cultura de trigo. Bragantia 29:59-66, 1970.
8. MIRANDA, L. T. Resultados de experimentos de adubação e sugestões para a interpretação baseada na análise química do solo. In: Cultura e adubação do milho. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p.451-472.
9. SCARSETH, G. D.; COOK, H. L.; KRANTZ, B. A. & OHLROGGE, A. J. How to fertilize corn effectively in Indiana. Indiana, Purdue University, 1944. 40p.
10. YAMAGUISHI, C. T. Aspectos econômicos de cultura de trigo no Estado de São Paulo. In: Encontro sobre Triticultura, Campinas, 1971. 12p.