

BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 35

Campinas, março de 1976

N.º 8

ADUBAÇÃO DO TRIGO

VIII — EXPERIÊNCIAS COM N, P, K E S EM SOLOS DE VÁRZEA DO VALE DO PARAÍBA (1,2)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (3), *Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agrônomo, NOBERTO LEITE Campo de Pesquisas do Serviço do Vale do Paraíba, Pindamonhangaba, Departamento de Águas e Energia Elétrica*

SINOPSE

Em áreas próximas do Campo de Pesquisas do Serviço do Vale do Paraíba, em Pindamonhangaba, nos anos de 1971 e 1972, em solos de várzea, foram realizados dois ensaios de adubação mineral N, P, K e S em culturas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Utilizou-se delineamento Central Composto.

Os dados médios obtidos mostraram efeitos altamente significativos para nitrogênio e adubação mineral completa.

O efeito linear do fósforo foi significativo no ensaio de 1971 e não significativo em 1972.

Os solos estudados não reagiram à adubação com potássio e enxofre.

1 — INTRODUÇÃO

Nos últimos anos (7) a tricultura paulista tem apresentado um aumento de área de cultivo, devido principalmente ao seu deslocamento, da região Sul do Estado, representada por solos de baixa fertilidade, para o Vale do Paranapanema, de solos de média a boa fertilidade.

Um outro aspecto desse aumento de produção e área cultivada com o trigo para o Estado de São Paulo, se bem que em escala muito menor,

(1) Recebido para publicação em 6 de setembro de 1975.

(2) Os autores agradecem a colaboração do acadêmico de agronomia, Ivan de Arruda Castanho Filho, na realização do trabalho.

(3) Com bolsa de suplementação do C.N.Pq.

porém de grande potencialidade, é o Vale do Paraíba, onde a triticultura se vem instalando em bases sólidas (4), fazendo rotação com a tradicional cultura de arroz, propiciando, por conseguinte, duas safras por ano, numa mesma área.

Com a finalidade de estudar as respostas do trigo à adubação mineral N, P, K e S, foram plantadas nos anos de 1971 e 1972 duas experiências em condição de várzea no Vale do Paraíba, com as quais tiraram-se conclusões que serão relatadas no presente trabalho.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em áreas diferentes do Campo de Pesquisas do Serviço do Vale do Paraíba, em Pindamonhangaba, em solos orgânicos, Série Paraíba, transição para Coruputuba.

Dos solos dos locais estudados, antes da instalação dos experimentos, foram retiradas amostras compostas, cujos resultados analíticos (4) foram os seguintes:

Determinações	Pindamonhangaba	
	1971	1972
pH int.	5,50	5,60
C%	6,20	7,20
K + (5)	0,22	0,14
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (5)	4,80	6,20
PO ₄ ³⁻ (6)	0,35	0,37
Al ³⁺ (5)	0,70	—

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

Os tratamentos comparados são os constantes do quadro 1.

O modo de aplicação dos adubos obedeceu o seguinte critério (2, 3): 1/5 do nitrogênio, todo o fósforo, o potássio e o enxofre foram aplicados no sulco de plantio; os restantes 4/5 do nitrogênio foram aplicados em cobertura, 40 dias após a germinação.

O cultivar utilizado foi o IRN-526-63.

A descrição detalhada do delineamento estatístico, fontes de adubos, estruturas de parcelas experimentais, incluindo-se os métodos de determinação, foram citadas em outro trabalho (5).

(4) Análise efetuada pela Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônômico.

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

(6) e. mg/100 ml de solo. Teor solúvel em H₂SO 0,05 N.

O primeiro ensaio foi semeado no dia 12 de maio de 1971, e a germinação das sementes ocorreu no dia 27 de maio; a adubação em cobertura foi efetuada no dia 13 de julho e a colheita se verificou no dia 4 de outubro de 1971.

O segundo ensaio foi semeado no dia 9 de maio de 1972, e a germinação das sementes ocorreu no dia 25 de maio; a adubação em cobertura foi efetuada no dia 17 de julho e a colheita se verificou no dia 2 de outubro de 1972.

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 120, 90, 60, 30, 0 kg de P_2O_5 por hectare; x_3 varia de +2, +1, 0, -1, -2, correspondendo respectivamente a 60, 45, 30, 15, 0 kg de K_2O 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 de P_2O_5 ; B_3 é o efeito linear de K_2O ; B_{12} é a interação N com P_2O_5 ; B_{23} é a interação P_2O_5 com K_2O ; e B_{13} é a interação N com K_2O .

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

A germinação das sementes foi muito boa nos dois experimentos, em virtude de irrigação por meio de inundação rápida (banho).

As produções de grãos obtidas por tratamento encontram-se no quadro 1.

No quadro 2 acham-se os resultados da análise estatística, na qual foram calculados os parâmetros da equação das experiências de 1971 e 1972, bem como os parâmetros médios dos dois experimentos.

Considerando a equação da experiência de 1971 verifica-se que o efeito linear do nitrogênio foi significativo a 0,1% e igual a +138, o que quer dizer que para cada 30 kg de nitrogênio aplicados por hectare há um acréscimo de 138 kg de trigo na produção; o efeito linear do fósforo foi de +93, significativo ao nível de 1%; o efeito linear do potássio e o efeito quadrático do nitrogênio foram negativos, porém estatisticamente não significativos; os efeitos quadráticos de fósforo e potássio, as interações nitrogênio com fósforo, fósforo com potássio e nitrogênio com potássio foram positivas, porém somente a última foi altamente significativa.

Considerando os tratamentos 9, 16, 17 e 18 da experiência de 1971, calculou-se o efeito da adubação mineral, que foi de +204, altamente

significativo ao nível de 1%; o efeito linear do enxofre e a interação da adubação mineral foram negativos, porém ambos não significativos estatisticamente.

A análise de variância deste ensaio apresenta um efeito de tratamentos significativo ao nível de 1% ($F = 7,35^{**}$) e um coeficiente de variação de 9,25%.

Considerando a equação da experiência de 1972 verificou-se que o efeito linear do nitrogênio foi de +283, altamente significativo ao nível de 0,1%; os efeitos lineares do fósforo e potássio foram positivos mas não significativos; os efeitos quadráticos de nitrogênio, fósforo com potássio e nitrogênio foram negativos, e a interação nitrogênio com fósforo positiva, porém todos estatisticamente não significativos.

Considerando os tratamentos 9, 16, 17 e 18 da experiência de 1972, calculou-se o efeito da adubação mineral, que foi de 499 kg/ha, altamente significativo ao nível de 0,1%; o efeito linear do enxofre e a interação adubação mineral com enxofre foram positivos, porém não significativos estatisticamente.

A análise de variância deste ensaio mostrou um $F = 12,44$, altamente significativo ao nível de 1%, e um coeficiente de variação de 13,05%.

QUADRO 1. — Produções médias de grãos de trigo, transformadas em kg/ha, obtidas em duas experiências com N, P, K, S, realizadas em 1971 e 1972 na várzea do Campo de Pesquisas do Serviço do Vale do Paraíba, em Pindamonhangaba

TRATAMENTO				PRODUÇÃO					
				1971	1972	Média			
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	kg/ha	kg/ha	kg/ha			
30	—	30	—	15	—	40	1660	1030	1345
30	—	30	—	45	—	40	1335	1100	1218
30	—	90	—	15	—	40	1550	935	1243
30	—	90	—	45	—	40	1400	1170	1285
90	—	30	—	15	—	40	1735	1530	1633
90	—	30	—	45	—	40	1775	1615	1695
90	—	90	—	15	—	40	1665	1790	1728
90	—	90	—	45	—	40	2020	1430	1725
60	—	60	—	30	—	40	1415	1565	1490
120	—	60	—	30	—	40	1675	1717	1696
0	—	60	—	30	—	40	1195	520	858
60	—	120	—	30	—	40	2040	1585	1813
60	—	0	—	30	—	40	1365	1325	1345
60	—	60	—	60	—	40	1495	1550	1523
60	—	60	—	0	—	40	1700	1440	1570
0	—	0	—	0	—	0	1065	565	815
0	—	0	—	0	—	40	1125	490	808
60	—	60	—	30	—	0	1590	1485	1538

QUADRO 2. — Parâmetros calculados pela análise estatística, para os ensaios de adubação mineral N, P, K e S de trigo em solo de várzea do Campo de Pesquisas do Serviço do Vale do Paraíba, em Pindamonhangaba, nos anos de 1971 e 1972

PARÂMETROS	PINDAMONHANGABA		
	1971	1972	Média
B ₀	1508	1491	1500
B ₁	+ 138***	+ 283***	+ 211***
B ₂	+ 93**	+ 36	+ 65
B ₃	- 31	+ 16	- 8
B ₁₁	- 7	- 103**	- 55
B ₂₂	+ 60	- 18	+ 21
B ₃₃	+ 34	- 8	+ 13
B ₁₂	+ 28	+ 13	+ 21
B ₂₃	+ 61	- 35	+ 13
B ₁₃	+ 109**	- 73	+ 18
SL	- 29	+ 1	- 14
ML	+ 204***	+ 499***	+ 352***
SL x ML	- 59	+ 39	- 10

* significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de 1%

*** significativo ao nível de 0,1%

B₀ — produção calculada pela análise estatística para a dose 60-60-30, respectivamente de N-P₂O₅-K₂O

B₁ — efeito linear de nitrogênio

B₂ — efeito linear de P₂O₅

B₃ — efeito linear de K₂O

B₁₁ — efeito quadrático de N

B₂₂ — efeito quadrático de P₂O₅

B₃₃ — efeito quadrático de K₂O

B₁₂ — interação N com P₂O₅

B₂₃ — interação P₂O₅ com K₂O

B₁₃ — interação N com K₂O

SL — efeito linear de S

ML — efeito linear da adubação mineral

SL x ML — interação de S com adubação mineral.

Apesar do objetivo do presente trabalho ser o estudo da resposta da cultura do trigo à adubação mineral N, P, K e S, em condição de várzea do Vale do Paraíba, aproveitaram-se os dados do ensaio de 1972 para cálculo preliminar das quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio a serem aplicadas para a obtenção do maior lucro por área. Os dados obtidos no ensaio de 1971 não foram considerados no estudo econômico em virtude de haver ocorrido efeito quadrático positivo do fósforo e do potássio, não significativo estatisticamente, porém prejudicial às interpretações.

Com base na figura 1 pôde-se elaborar a tabela seguinte, determinando as quantidades de nitrogênio e de fósforo necessárias para a obtenção do maior lucro por área, para as relações de preços entre N e P, 1,5:1 e 1:1, considerando fixa a dose de 30 kg de K₂O por hectare.

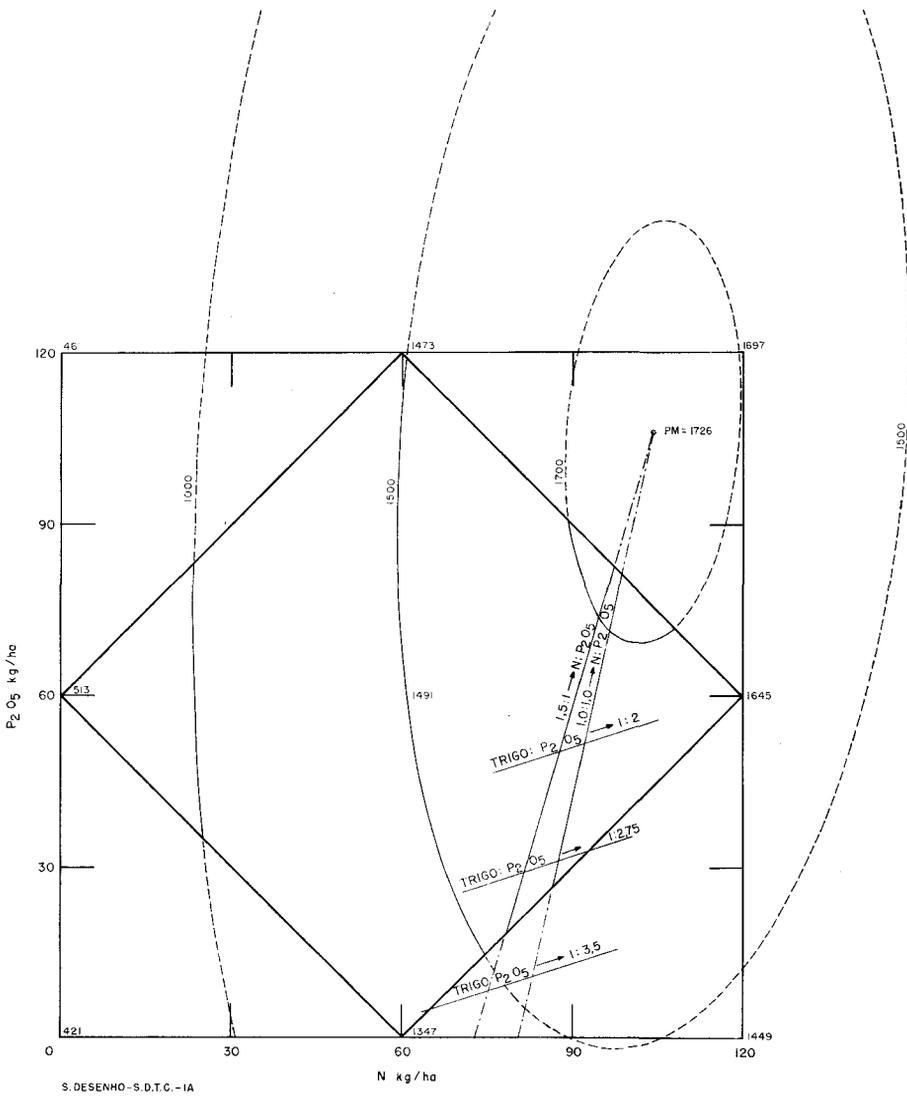


Figura 1. - Superfícies de resposta, (isoquanta = linhas de igual produção, e isóclinas = linhas que cortam a isoquanta em pontos de igual inclinação), indicando para as relações de preços de N:P = 1,5:1 e 1:1 as quantidades de nutrientes a serem aplicadas para a obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo)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

Valores relativos por quilo (1 kg de trigo = 1)			Quantidade a ser aplicada em kg/ha	
N	P ₂ O ₅	Trigo	N	P ₂ O ₅
5,25	3,50	1	75	8
4,13	2,75	1	81	29
3,00	2,00	1	88	50
3,50	3,50	1	83	11
2,75	2,75	1	87	31
2,00	2,00	1	92	52
0	0	1	104	106

Esclarecendo a tabela 1 leia-se, por exemplo, na 1.^a linha: quando fossem necessários 5,25 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 3,50 kg de trigo para pagar 1 kg de P₂O₅, a adubação que daria maior lucro por área seria de 75 kg de N, mais 8 kg de P₂O₅ por hectare.

Na última linha da tabela foram indicadas as quantidades de nutrientes para obter a produção máxima possível, sem computar custos dos adubos.

Os cálculos econômicos para determinar as quantidades de potássio que poderiam ser 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 P₂O₅ por hectare, acham-se na tabela seguinte:

Valores relativos 1 kg de trigo = 1		Quantidade a ser aplicada em kg/ha de K ₂ O
K ₂ O	Trigo	
3	1	3
2	1	17
1	1	31
0	1	45

Esclarecendo essa tabela, na 1.^a linha, leia-se: quando fossem necessários 3 kg de trigo para comprar 1 kg de K₂O a adubação que daria maior lucro por área seria de 3 kg de K₂O por hectare. Na última linha: produção máxima possível, sem computar custos da adubação potássica.

4 — CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem tirar as seguintes conclusões:

a) O efeito linear do nitrogênio, na média dos dois experimentos, foi altamente significativo ao nível de 0,1%.

b) O efeito linear do fósforo, na média dos dois experimentos, foi positivo mas não significativo. A presença do fósforo foi benéfica à produção, porém estatisticamente significativa somente em um experimento.

c) O efeito linear do potássio foi positivo em 1972 e negativo em 1971, em ambos os casos não significativos, mostrando que os solos estudados são bem supridos nesse elemento.

d) Os dois ensaios não mostraram efeitos significativos para enxofre.

e) O efeito da adubação mineral completa foi altamente significativo a 0,1% nos dois ensaios estudados.

FERTILIZER EXPERIMENTS ON WHEAT

VIII — N, P, K, S MINERAL FERTILIZER ON LOW LAND CONDITIONS (VALE DO PARAÍBA)

SUMMARY

This paper presents results of two N, P, K, S mineral fertilizer trials on wheat (*Triticum aestivum* L.), carried out at Pindamonhangaba, State of São Paulo, in low land condition, with irrigation, in 1971 and 1972.

The responses observed in these trials were large for nitrogen, medium for phosphorus and very small for potassium and sulphur.

Every 30 kg N/ha increased 211 kg/ha the production.

The effect of complete mineral fertilizer was highly significant. Every 60-60-30 kg/ha of N, P₂O₅ and K₂O, respectively, increased 352 kg/ha the production.

LITERATURA CITADA

1. BOX, G. E.; CONNOR, L. R.; DAVIES, O. L.; HIMSNORTH, F. R. & SILLITTO, G. P. The design and analysis of industrial experiments. London, Oliver & Boyd, 1956. p.495-578.
2. CAMARGO, C. E. O. Estudos de variedades de trigo para o Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, 1972. 102 + 34 fls. (Tese de Doutorado)
3. ——— & ROCHA, T. R. Adubação do trigo. IV — Experiências com N, P, K e S em solos de várzeas do Estado de São Paulo. *Bragantia* 31:349-361, 1972.
4. ——— & ———. Adubação do trigo. VI — Experiências de modo de aplicação de nitrogênio em solo de várzea. *Bragantia* 33:123-128, 1974.
5. ———; ———; LEITE N. & ISSA, E. Comportamento de cultivares de trigo em solos de várzea do Estado de São Paulo. *Bragantia* 33:65-73, 1974.
6. 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, Inst. bras. Potassa, 1966, p.451-472.
7. YAMAGUSHI, C. T. Aspectos econômicos da cultura de trigo no Estado de São Paulo. In: Encontro sobre triticultura. Campinas, CATI, 1971. 12p.