

# BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de S. Paulo

Vol. 31

Campinas, novembro de 1972

N.º 28

## ADUBAÇÃO DO TRIGO

### III – EXPERIÊNCIAS COM N, P, K E S, EM SOLOS DE BAIXADA, TIPO MASSAPÉ, DE MONTE ALEGRE DO SUL, SP <sup>(1, 2)</sup>

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO, *engenheiro-agrônomo* <sup>(3)</sup>, *Seção de Arroz e Cereais de Inverno*, e SEBASTIÃO ALVES, *engenheiro-agrônomo*, *Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, Instituto Agronômico*

#### SINOPSE

Em áreas próximas da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, Instituto Agronômico, nos anos de 1969, 1970 e 1971, em solos de baixada tipo massapé, foram realizados três ensaios de adubação N, P, K e S em culturas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Utilizou-se delineamento Central Composto.

Os dados obtidos mostraram grandes efeitos devidos ao nitrogênio, e médios, ao fósforo e enxofre. Não se verificou reação à adubação potássica.

Foram determinadas as quantidades de nitrogênio e fósforo para a obtenção de maior lucro por área, para as relações de preços N e P = 1,5:1 e 1:1, considerando-se fixa a dose de 30 kg de K<sub>2</sub>O.

#### 1 – INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a triticultura paulista vem apresentando aumento de área de plantio bem como elevação da produtividade.

A cultura do trigo no Estado de São Paulo está limitada principalmente à região sul, compreendendo os municípios de Itapeva, Itararé, Itaberá, Paranapanema, Itapetininga e Capão Bonito, como

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 15 de dezembro de 1971.

<sup>(2)</sup> Os autores agradecem aos engenheiros-agrônomos Derly Machado de Souza e Luiz Torres de Miranda, a orientação e o estímulo na realização do trabalho.

<sup>(3)</sup> Com bolsa de suplementação do CNPq.

os mais importantes da região (3), e ao Vale do Rio Paranapanema, compreendendo principalmente os municípios de Maracáí, Cruzália, Assis, Paraguaçu Paulista e Cândido Mota (2).

Em outras regiões do nosso Estado a cultura tritícola pode ser bem sucedida, porém na maioria dos anos a falta de chuvas tem sido um fator limitante das colheitas.

Para verificar a viabilidade da expansão da cultura em áreas não tradicionais, sem correr o risco da falta de umidade, dois estudos foram planejados: um deles é o do aproveitamento de baixadas, e será apresentado neste trabalho; o outro é o estudo da implantação do trigo em várzeas, fazendo rotação com a cultura do arroz, e será publicado futuramente.

Na presente publicação são apresentados os resultados de três experiências conduzidas em 1969, 1970 e 1971, em áreas próximas da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, em solo de baixada, tipo massapê, e nelas a adubação mineral N, P, K e S foi correlacionada com a produção de trigo em 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, juntamente com o tratamento 9, permitem avaliar o efeito do enxofre (S).

Foram utilizadas duas repetições por ano.

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% de S).

O modo de aplicação dos adubos obedeceu ao seguinte critério: 4/5 do nitrogênio foram aplicados a 0,20 m de profundidade, correspondendo a uma aplicação na sola do arado; o restante (1/5)

foi aplicado juntamente com o fósforo, potássio e enxofre, no sulco de plantio.

Os tratamentos foram os seguintes (kg/ha) :

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> 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

O cultivar utilizado foi o IRN-526-63, de origem mexicana, que pelas suas qualidades agronômicas será brevemente lançado para cultivo comercial.

As parcelas eram constituídas de 10 linhas de 5 m, espaçadas

de 0,20 m. A sementeira 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, a área útil foi de 6 m<sup>2</sup> por parcela.

As três experiências foram conduzidas em áreas próximas da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, SP.

O primeiro ensaio foi semeado no dia 26 de abril e colhido em 12 de agosto de 1969.

O segundo foi semeado no dia 13 de abril de 1970 e colhido no dia 19 de agosto do mesmo ano.

O terceiro ensaio foi semeado no dia 6 de abril de 1971 e colhido em 17 de agosto de 1971.

Foram retiradas amostras compostas dos solos dos locais estudados nos três diferentes anos, cujos resultados analíticos <sup>(4)</sup> são os seguintes:

Determinações	1969	1970	1971
pH int .....	5,55	5,80	5,60
C% .....	1,00	1,40	1,00
K <sup>2+</sup> <sup>(5)</sup> .....	0,13	0,20	0,10
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> <sup>(5)</sup> .....	2,20	2,70	2,10
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> <sup>(6)</sup> .....	0,10	0,05	0,04
Al <sup>3+</sup> <sup>(5)</sup> .....	—	—	—

Foram calculadas as quantidades de nitrogênio e de fósforo necessárias à obtenção do maior lucro por área para as relações de preços entre N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 1,5:1 e 1:1, considerando fixa a dose de 30 kg/ha de K<sub>2</sub>O, e a quantidade de potássio necessária para a obtenção do maior lucro por área será considerada de 30 kg

<sup>(4)</sup> Análise efetuada na Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônômico.

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

<sup>(6)</sup> e.mg/100 g de solo. Teor solúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N.

de  $K_2O$  por hectare, por causa de o solo estudado não apresentar resposta significativa à adubação potássica.

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

A germinação das sementes nos diferentes canteiros foi excelente nos três anos, pois foi aplicada irrigação logo após o plantio.

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

No quadro 2 encontram-se os resultados da análise estatística, na qual foram calculados os parâmetros da equação de cada expe-

QUADRO 1. — Produções de grãos de trigo obtidas em três experiências de adubação N, P, K e S realizadas em 1969, 1970 e 1971, em solos de baixada, tipo massapé, em Monte Alegre do Sul, SP

Tratamento				Produção			
N	$P_2O_5$	$K_2O$	S	1969	1970	1971	Média
				<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>
30	30	30	40	2083	2750	2604	2479
30	30	45	40	2042	2700	2942	2561
30	90	15	40	1808	2950	2446	2401
30	90	45	40	1750	2700	2642	2364
90	30	15	40	2392	3820	2778	2996
90	30	45	40	1917	3100	2793	2603
90	90	15	40	2250	3250	3394	2964
90	90	45	40	2292	3650	2572	2838
60	60	30	40	2042	2950	2976	2656
120	60	30	40	2533	3130	2648	2770
0	60	30	40	1350	2100	2097	1849
60	120	30	40	2350	3350	3375	3025
60	0	30	40	1750	2500	3065	2438
60	60	60	40	2267	3000	2780	2682
60	60	0	40	2108	3350	3299	2919
0	0	0	0	1384	2250	2036	1890
0	0	0	40	1334	2400	2219	1984
60	60	60	0	1934	3100	2280	2438

QUADRO 2. — Parâmetros calculados pela análise estatística, para os ensaios de adubação mineral N, P, K e S de trigo em solos de baixa taxa instalados em Monte Alegre do Sul, SP

Ensaio	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>33</sub>	B <sub>12</sub>	B <sub>23</sub>	B <sub>13</sub>	SL	ML	SLML	F	CV
1969.....	2052	+221**	+54	-14	-26	+1	+35	+100	+63	-42	+15	+315**	+40	3,98**	12,9
1970.....	3127	+299**	+118	-83	-106	-28	+34	-28	+115	-3	-25	+375**	-25	1,999	15,7
1971.....	2860	+125*	+35	-82	-136	+75	+30	+107	-122	-168	+220	+250*	+128	3,16**	12,1
Total.....	8039	+645	+207	-179	-268	+46	+99	+179	+56	-213	+210	+940	+68	—	—
Média.....	2679	+215**	+69	-60	-89	+15	+33	+60	+19	-71	+70	+313**	+23	6,40**	13,7

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

- B<sub>0</sub> — produção calculada pela análise estatística para a dose 60-60-30, respectivamente de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.  
 B<sub>1</sub> — efeito linear de nitrogênio  
 B<sub>2</sub> — efeito linear de fósforo  
 B<sub>3</sub> — efeito linear de potássio  
 B<sub>11</sub> — efeito quadrático de N  
 B<sub>22</sub> — efeito quadrático de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 B<sub>33</sub> — efeito quadrático de K<sub>2</sub>O  
 B<sub>12</sub> — interação N — P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 B<sub>23</sub> — interação P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — K<sub>2</sub>O  
 B<sub>13</sub> — interação N — K<sub>2</sub>O  
 SL — efeito linear de S  
 ML — efeito linear da adubação mineral  
 SLML — interação de S com adubação mineral.

riência (1969, 1970 e 1971) bem como os parâmetros médios dos três experimentos.

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  $P_2O_5$  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 nitrogênio;  $B_2$  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  $K_2O$ ;  $B_{13}$  é a interação N com  $K_2O$ .

Se se considerar a equação média dos três experimentos verificar-se-á que o efeito linear do nitrogênio foi altamente significativo e igual a +215; isto quer dizer que para cada 30 kg de N aplicados há um acréscimo de 215 kg na produção de trigo. Essa grande resposta ao nitrogênio é devida principalmente à umidade do solo, ao cultivar utilizado e ao modo de aplicação do nitrogênio.

O efeito linear do fósforo foi de +65; isto quer dizer que para cada 30 kg de  $P_2O_5$  aplicados há um acréscimo de 65 kg na produção de trigo.

O efeito linear do potássio nos três ensaios foi negativo, mas não significativo; isto quer dizer que para o solo estudado a cultura do trigo não responde à adubação potássica.

O efeito quadrático do nitrogênio e a interação do potássio com nitrogênio foram negativos, ao passo que os efeitos quadráticos do fósforo e potássio e as interações nitrogênio fósforo e fósforo potássio foram positivas, porém todos não estatisticamente significativos.

Considerando os tratamentos 9, 16, 17 e 18, calculou-se o efeito da adubação mineral, que foi de 313 kg/ha, altamente significativo ao nível de 1%; o efeito do enxofre, na média dos três experimentos, foi de +70, porém no ensaio de 1971 o seu efeito foi

de +220; isto quer dizer que para cada 40 kg de enxofre aplicado há um acréscimo de 220 kg na produção de trigo.

A análise conjunta dos três experimentos mostrou efeito de tratamentos significativo ao nível de 1%, efeito de anos também significativo ao nível de 1%, porém a interação tratamentos x anos não foi significativa.

No estudo econômico para solos de baixada, por apresentar o ensaio de 1971 efeito quadrático positivo do fósforo (não significativo estatisticamente), prejudicando as interpretações, considerar-se-á no cálculo das quantidades de nitrogênio e fósforo a serem aplicadas para a obtenção do maior lucro por área a média dos ensaios de 1969 e 1970.

Observando a figura 1 pode-se elaborar a relação seguinte, determinando as quantidades de nitrogênio e de fósforo necessárias para a obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo) por área, para as relações de preços entre N e P = 1,5:1 e 1:1, e considerando fixa a dose de 30 kg de K<sub>2</sub>O por hectare.

Valores relativos por quilo (1 kg de trigo = 1)			Quantidade a ser aplicada, em kg/ha	
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Trigo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
6,50	4,33	1	63	16
6,00	4,00	1	75	42
5,00	3,33	1	93	97
4,16	2,77	1	110	127
4,33	4,33	1	87	46
4,00	4,00	1	93	68
3,33	3,33	1	110	108
2,77	2,77	1	123	145

A relação mostra que, quando são necessários 6,5 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 4,33 kg de trigo para pagar 1 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

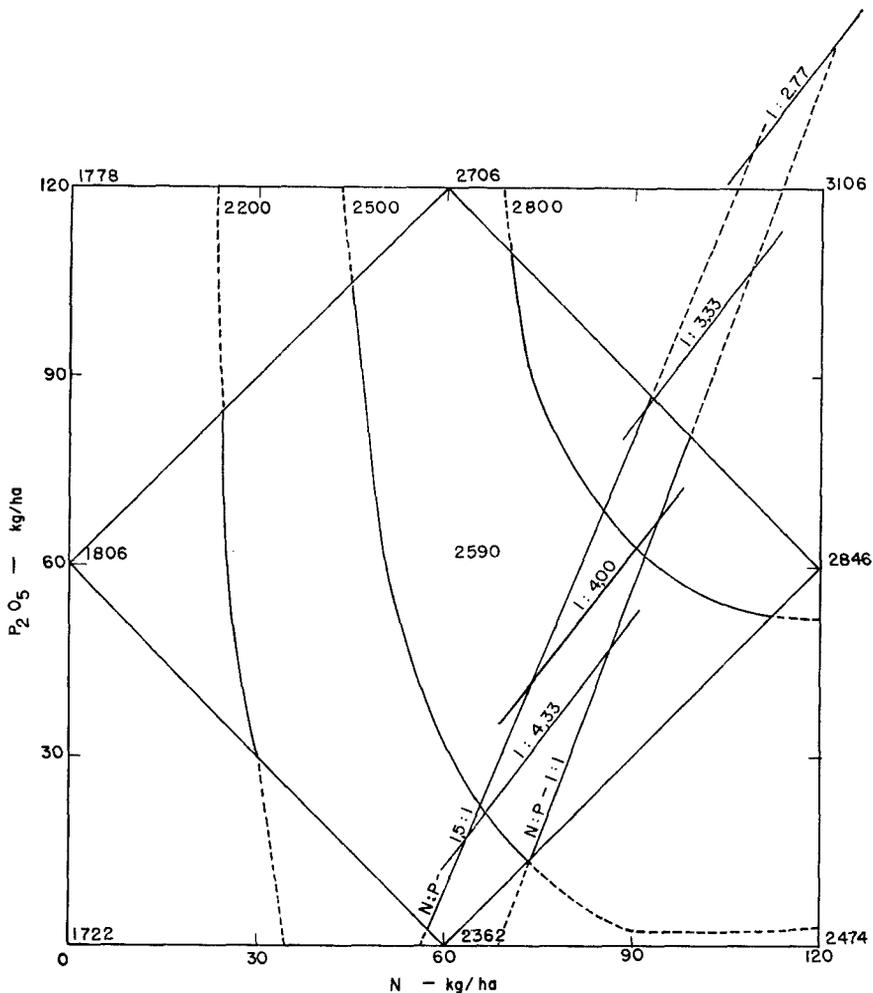


FIGURA 1. — Superfícies de resposta, (isoquanta = linhas de igual produção, e isóclinas = linhas que cortam as isoquanta em pontos de igual inclinação), indicando para as relações de preços de N:P = 1,5:1 e 1:1 as quantidades de nutrientes a serem aplicadas para a obtenção de maior lucro (ou menor prejuízo) por área, quando forem consideradas quatro relações de preços entre nutrientes (N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e trigo, e mantida constante a dose de 30 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

a adubação que daria maior lucro por área é a de 63 kg de N mais 16 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectare; quando são necessários 6,00 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 4,00 kg de trigo para pagar 1 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a adubação que daria maior lucro por área é de 75 kg de N mais 42 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectare; quando são necessários 5,00 kg de trigo

para comprar 1 kg de N e 3,33 kg de trigo para comprar 1 kg de  $P_2O_5$ , a adubação que daria maior lucro por área é a de 93 kg de N mais 97 kg de  $P_2O_5$  por hectare; quando são necessários 4,16 kg de trigo para comprar 1 kg de N e 2,77 kg de trigo para comprar 1 kg de  $P_2O_5$  a adubação que daria maior lucro por área é de 110 kg de N mais 127 kg de  $P_2O_5$  por hectare; quando são necessários 4,33 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 4,33 kg de trigo para pagar 1 kg de  $P_2O_5$  adubação que daria maior lucro por área é de 78 kg de N mais 46 kg de  $P_2O_5$  por hectare; quando são necessários 4,00 kg de trigo para pagar 1 kg de N e 4,00 kg de trigo para pagar 1 kg de  $P_2O_5$  a adubação que daria maior lucro por área é de 93 kg de N mais 68 kg de  $P_2O_5$  por hectare; quando são necessários 3,33 kg de trigo para comprar 1 kg de N e 3,33 kg de trigo para comprar 1 kg de  $P_2O_5$  a adubação que daria maior lucro por área é de 110 kg de N mais 108 kg de  $P_2O_5$  por hectare; quando são necessários 2,77 kg de trigo para comprar 1 kg de N e 2,77 kg de trigo para comprar 1 kg de  $P_2O_5$  a adubação que daria maior lucro por área é de 123 kg de N mais 145 kg de  $P_2O_5$  por hectare.

#### 4 — CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

a) O efeito linear do nitrogênio, na média dos três experimentos, correspondeu a um aumento na produção de 215 kg/ha, para cada 30 kg de nitrogênio aplicado. Esse grande efeito é devido principalmente à umidade do solo existente na baixada estudada, ao cultivar utilizado e ao modo de aplicação do nitrogênio.

b) O efeito linear do fósforo, na média dos três experimentos, correspondeu a um aumento de 69 kg de trigo por hectare, para cada 30 kg de  $P_2O_5$  aplicados.

c) O efeito linear do potássio, na média dos três experimentos, correspondeu a um decréscimo na produção de 60 kg/ha para cada 15 kg de  $K_2O$  aplicados; portanto o solo estudado não responde à adubação potássica.

d) O efeito isolado do enxofre aumentou a produção média de 10% em relação à testemunha, e na presença da adubação mineral completa aumentou de 11% a produção.

e) Considerando a relação atual de preços entre N e  $P_2O_5$  como sendo de 1,33:1, seriam de 110 kg de nitrogênio mais 127 kg de  $P_2O_5$  por hectare as quantidades necessárias para obter o maior lucro por área, considerando-se constante a dose de  $K_2O$  de 30 kg/ha.

### FERTILIZER EXPERIMENTS WITH WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.). III.

#### SUMMARY

This paper presents the results of three N, P, K, S mineral fertilizer trials on wheat (*Triticum aestivum* L.), carried out in 1969, 1970 and 1971 at Monte Alegre do Sul, SP, on a massapé type of soil.

The responses observed in these trials present a highly significant effect to nitrogen, a little effect to phosphorus, and significant effect to potash. Every 30 kg N/ha increased 215 kg/ha the production.

The effect of sulphur increased 10% the production in relation to the check treatment and 11% in relation to the complete mineral fertilizer.

The quantities of N-P-K fertilizer to be applied for massapé type of soil were calculated for several relationships between wheat and fertilizers prices.

#### LITERATURA CITADA

1. BOX, G. E.; CONNOR, L. R.; COUSINS, W. R.; DAVIES, O. L.; HIMS-WORTH, 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. p.2-28.
3. CAMARGO, C. E. O. Adubação do trigo. I — Experiências com N, P, K e S em Latossolo Roxo do Vale do Paranapanema. Bragantia 31:315-324, 1972.
4. ————. Adubação do trigo. II — Experiências com N, P, K e S em Latossolo Vermelho Escuro orto na região sul do Estado de São Paulo. Bragantia 31:325-335, 1972.
5. ————. Ensaio regionais. In: Encontro sobre Triticultura, Campinas, 1971. 28p.
6. ————. Relatório dos trabalhos desenvolvidos pelo Setor de Trigo da Seção de Arroz e Cereais de Inverno. Campinas, Instituto Agrônomico, 1969 e 1970. (Não publicado)
7. FRATTINI, J. A. Evolução da cultura do trigo. In: Encontro sobre Triticultura, Campinas, 1971. 83p.

- 
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. Instituto Brasileiro de Potassa, São Paulo, 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.