

CARACTERIZAÇÃO DA CURVA DE RESPOSTA DO TRIGO À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO¹

MILTON RAMOS²

RESUMO - A resposta do trigo à aplicação de nitrogênio foi estudada em um Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, da região dos Campos Gerais, Paraná. O trabalho foi realizado em 1973, 1974 e 1975, utilizando-se em cada ano seis cultivares recomendadas para a região. Aos dados obtidos para a média das cultivares em 1974, considerados normais para as condições climáticas da região e para o solo em que o trabalho foi realizado, foi ajustada uma equação para a curva de resposta ao nitrogênio. A quantidade de nitrogênio necessária para alcançar a produtividade máxima, segundo a equação obtida, foi de 108 kg/ha, enquanto que a dose máxima econômica pode ser estimada pela fórmula: $N = \frac{13,01 P_y - P_n}{0,12 P_y}$, onde P_y é o preço do trigo e P_n o preço do nitrogênio. Para a indicação da dose de máxima eficiência econômica foi utilizado também um método gráfico, considerando-se a análise de variação dos preços do insumo (nitrogênio) e do produto (trigo).

Termos para indexação: latossolo, eficiência econômica, método gráfico.

CHARACTERIZATION OF WHEAT RESPONSE CURVE TO NITROGEN APPLICATION

ABSTRACT - Wheat response to nitrogen application was studied in a Red Dark Latosol, clay soil, from Campos Gerais region, State of Paraná. The experiment was carried out during the years of 1973, 1974 and 1975. Six cultivars recommended to the region were grown each year. An equation for the nitrogen response curve was adjusted to the data obtained for the 1974 cultivars medium. This data was considered to be normal to the soil and climatic conditions of the region where the experiment was undertaken. The nitrogen level needed for the maximum productivity, according to the equation obtained, was 108 kg/ha, while the maximum economic level may be estimated by the formula: $N = \frac{13,01 P_y - P_n}{0,12 P_y}$, where P_y is the wheat price and P_n the nitrogen price. A graphic method was also utilized for the indication of the maximum economic efficiency level, considering the prices variation analysis of nitrogen and wheat.

Index terms: latosol, economic efficiency, graphic method.

INTRODUÇÃO

A eficiência da aplicação de nitrogênio em uma cultura está estreitamente relacionada a condições inerentes ao solo, ao clima e à própria planta.

O emprego de métodos de laboratório, para determinar a capacidade dos solos de fornecer nitrogênio a uma cultura, apresenta problemas especiais e apesar do grande número de pesquisas realizadas, em muito poucas regiões agrícolas do mundo, a recomendação de nitrogênio é feita com base na análise do solo (Castro et al. 1974). Segundo Bremner (1965), os valores de matéria orgânica, nitrogênio total e nitrogênio inorgânico não podem ser bons índices de disponibilidade

de nitrogênio, já que as condições de mineralização podem variar para cada solo.

Castro et al. (1974), testando vários índices para estimar a disponibilidade de nitrogênio, verificaram que a introdução de dados de análises do solo na curva de resposta do trigo ao nitrogênio aumentou a precisão da recomendação, quando o objetivo foi a máxima eficiência técnica apenas. Segundo os mesmos autores, a melhor comparação entre diferentes sistemas de recomendação é a que se baseia em termos econômicos.

Castro et al. (1972 e 1974), verificaram que as diferenças climáticas tiveram uma maior importância na resposta do trigo ao nitrogênio do que as diferenças entre grupos de solos.

Os solos da região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná, caracterizam-se pela baixa fertilidade natural, embora alguns deles possam apresentar teor regular de nitrogênio (Bodziac Junior & Maak 1946). Outrossim, Ramos (1972) encontrou respostas do trigo altamente significativas, para a aplicação de nitrogênio nestes solos, observando ainda que estas respostas são mais intensas em solos já cultivados.

¹ Aceito para publicação em 20 de julho de 1980. Trabalho realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), UEPAE de Ponta Grossa, PR

² Eng.º Agr.º, Estação Experimental de Itajai (EMPASC), Caixa Postal 277, CEP 88.300, Itajai - SC.

Em 1973, 1974 e 1975, para caracterizar a curva de resposta do trigo ao nitrogênio, nas condições da região dos Campos Gerais, visando a recomendação deste nutrientes, estudou-se o efeito da aplicação de doses crescentes na produtividade das cultivares de trigo (Tabela 1).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em locais cujos solos foram classificados como Latossolos Vermelho-Escuros, de textura argilosa, fase campestre, apresentando teores de fósforo entre 5 e 10 ppm, e de cálcio + magnésio entre 3 e 6 me/100 g. O pH variava entre 5,0 e 5,5 não havendo alumínio trocável.

O delineamento experimental utilizado foi uma variação de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições, cujos tratamentos e subtratamentos foram colocados em faixas.

As doses de nitrogênio (parcelas) foram: 0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha, utilizando-se as cultivares nas subparcelas. As cultivares IAS 57, IAS 58, IAS 62, IAC 5-Maringá e Londrina foram utilizadas nos três anos, e ainda IAS 59 em 1973, B 20 em 1974 e CNT 6 em 1975.

As fertilizações fosfatadas e potássicas foram efetuadas de acordo com o teor de fósforo e de potássio do

solo. Como fonte de nutrientes foram utilizados: sulfato de amônio (20% N) para o nitrogênio, superfostato simples (18% P_2O_5) para o fósforo e cloreto de potássio (60% K_2O) para o potássio. Os fertilizantes foram aplicados a lanço e, quando na base, incorporados com enxada rotativa. As doses de nitrogênio foram fracionadas, aplicando-se uma metade na semeadura e a outra metade no perfilhamento.

Com os dados médios para as cultivares em cada ano, e para cada cultivar em 1974, foi ajustada uma equação de regressão com os dados de rendimento e as doses de nitrogênio aplicadas.

A equação empregada foi o modelo quadrático $Y = a + b_1X + b_2X^2$, em que:

Y representa o rendimento do trigo em kg/ha;
a, o rendimento quando o fator nitrogênio aplicado é nulo;

X, o nitrogênio aplicado em kg/ha; e

b_1 e b_2 , os coeficientes linear e quadrático da regressão.

A quantidade de nitrogênio necessária, para alcançar o rendimento de máxima eficiência econômica, foi estimada pela derivação da equação de lucro $L = P_y Y - C - P_n N$, em que:

L representa o lucro líquido;

P_y , o preço do trigo;

TABELA 1. Produção observada para as cultivares de trigo com doses crescentes de nitrogênio, em 1973, 1974 e 1975.

Anos	Cultivar	Doses de nitrogênio (kg/ha)				
		0	40	80	120	160
1973	IAS 57	1528	1222	1278	792	779
	IAS 58	1583	2227	2083	1445	2028
	IAS 59	1333	1417	1278	1381	903
	IAS 62	1514	1597	1056	1070	958
	IAC 5	1250	1236	833	1042	1014
	Londrina	1097	1028	1014	1000	847
	Média	1384	1454	1257	1122	1088
1974	IAS 57	1456	2045	2133	2134	2155
	IAS 58	1089	1889	1989	1833	1900
	IAS 62	1178	1700	1956	1855	2055
	IAC 5	1155	1667	1911	1967	1778
	Londrina	1478	1789	1933	2167	2056
	B 20	1122	1678	1778	1600	1500
	Média	1246	1795	1950	1926	1907
1975	IAS 57	1302	1556	1698	1690	1516
	IAS 58	1653	2032	2238	2071	2222
	IAS 62	1698	1968	1857	1563	1984
	IAC 5	1511	2254	2119	1976	1984
	Londrina	1492	1556	1627	1238	1476
	CNT 6	1540	1929	1973	1730	1532
	Média	1533	1882	1919	1711	1786

Y, o rendimento do trigo;
 Pn, o preço do nitrogênio;
 N, a dose do nitrogênio; e
 C, os custos fixos.

Para a indicação da dose máxima econômica, foi utilizado também um método gráfico, considerando-se a análise de variação de preços do insumo (nitrogênio) e do trigo (Russel et al. 1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A reação do trigo à aplicação de nitrogênio foi diferente nos três anos de estudo devido à variação das condições climáticas, favorecendo, especialmente em 1973, a ocorrência de moléstias limitantes, como as septorioses.

Sob condições desfavoráveis à cultura, a aplicação de nitrogênio foi prejudicial ou pouco eficiente, conforme pode ser observado através das equações de produção ajustadas para a média das cultivares em cada ano:

1973 : $y = 1289,80 - 1,0767 N^{**}$
 1974 : $y = 1286,49 + 13,01 N - 0,06 N^{2***}$
 1975 : $y = 1473,33 + 6,06 N - 0,03 N^{2***}$

Na equação de regressão, o valor "a" representa a produção obtida sem a aplicação de nitrogênio, ou seja, a produção resultante do nitrogênio disponível no solo.

Em 1973, a equação mostra que com a adição de nitrogênio a produção decresce, enquanto que em 1974 a eficiência inicial da aplicação do mesmo, tomando-se o coeficiente linear como índice, foi de 13,01 por kg de nitrogênio aplicado. O valor "a" foi muito semelhante em ambos os anos.

A disponibilidade de nitrogênio do solo é resultante, principalmente, da mineralização da matéria orgânica que, por sua vez, depende das condições climáticas. O valor mais alto de "a", encontrado em 1975, sugere um maior teor de nitrogênio do solo, ocasionando menor eficiência de sua aplicação, tendo-se em conta a baixa capacidade de produção das cultivares em uso. A influência dos fatores climáticos, na resposta do trigo ao nitrogênio, tem sido observada também em outros trabalhos (Castro et al. 1972 e Ramos & Zimmermann 1976).

A equação da curva de resposta, ajustada para a média das cultivares em 1974, foi considerada normal para as condições da região e do solo em que o trabalho foi realizado. As equações ajustadas para cada cultivar são mostradas na Tabela 2. Os coeficientes de regressão múltipla variaram de 0,54 a 0,79. A quantidade de nitrogênio necessária, para alcançar a produtividade máxima média, foi de 108 kg/ha.

Eficiência técnica do nitrogênio

O valor do coeficiente linear da equação da curva de resposta do trigo à aplicação de nitrogênio, mede a eficiência inicial deste. Ao aumentar as doses a eficiência decresce, como indica o coeficiente quadrático negativo. A eficiência média foi de 11,81 por kg de nitrogênio para as 20 primeiras unidades aplicadas, e de 10,61 por kg de nitrogênio para as 40 primeiras unidades. Estes valores são semelhantes aos calculados por Castro et al. (1972) no Uruguai, de 13,7 e 11,5 por kg de nitrogênio, respectivamente para as primeiras 20 e 40 unidades aplicadas do nutriente, e superiores aos de Russel (1967), na Austrália, de $7,2 \pm 1,4$ por kg de ni-

TABELA 2 - Equação de regressão para as cultivares de trigo em 1974, e quantidade necessária de nitrogênio para alcançar a produtividade máxima.

Cultivar	Equação de regressão	R ₂	N-máximo calculado (kg/ha)
IAS 57	$y = 1512,15 + 12,46N - 0,5N^2$	0,73	124,6
IAS 58	$y = 1180,70 + 16,21N - 0,08N^2$	0,79	101,3
IAS 62	$y = 1223,63 + 11,92N - 0,04N^2$	0,76	149,0
IAC 5	$y = 1159,51 + 15,21N - 0,07N^2$	0,54	108,6
Londrina	$y = 1469,78 + 9,23N - 0,03N^2$	0,77	153,8
B 20	$y = 1173,18 + 13,04N - 0,07N^2$	0,72	93,1

** Significativo ao nível de 1%.

trogênio para as primeiras 23 unidades, e de $5,1 \pm 0,9$ por kg de nitrogênio para as primeiras 46 unidades.

Eficiência econômica do nitrogênio

Transformando-se a função de produção obtida para a média das cultivares em 1974, em função de lucro, obtém-se:

$$L = Py (1286,49 + 13,01 N - 0,06 N^2) - C - Pn (N)$$

Derivando-se a equação acima em relação a N, e igualando-se a zero, obtém-se a fórmula:

$$N = \frac{13,01 Py - Pn}{0,12 Py}$$

do trigo (Py) e o preço do nitrogênio (pn), pode-se estimar a quantidade necessária para o rendimento máximo econômico.

Na Tabela 3 é mostrado o rendimento marginal da aplicação de nitrogênio segundo a equação de produção ajustada. Transpondo-se os dados da referida Tabela para um gráfico (Fig. 1), com o rendimento marginal no eixo das abscissas e as doses de nitrogênio das ordenadas, obtém-se retas correspondentes aos preços estipulados do trigo. A dose de máxima eficiência econômica de nitrogênio corresponde ao ponto, numa determinada reta de preço do trigo, em que o rendimento marginal equivale ao custo do nitrogênio.

ciência econômica de nitrogênio corresponde ao ponto, numa determinada reta de preço do trigo, em que o rendimento marginal equivale ao custo do nitrogênio.

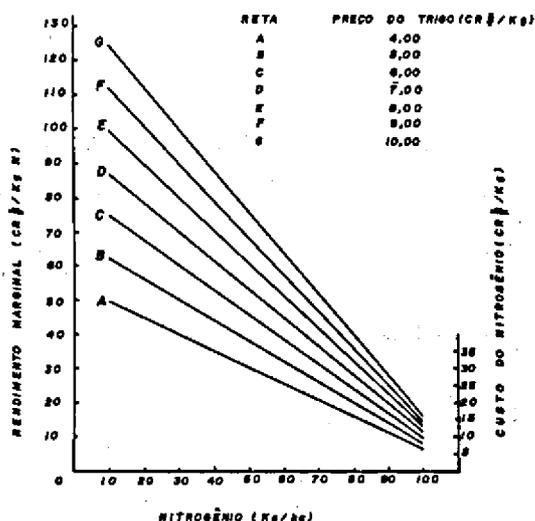


FIG. 1. Determinação da dose máxima econômica de nitrogênio (Ramos, 1972).

TABELA 3. Rendimento marginal da aplicação de nitrogênio na cultura do trigo (Cr\$/kgN).

Dose de nitrogênio (kg/ha)	Produção calculada (kg/ha)	Produção marginal (PM) (kg/ha)	PM/kgN (kg)	Valor do trigo (Cr\$/kg)			
				4,00	6,00	8,00	10,00
0	1286,49	-	-	-	-	-	-
10	1.410,59	124,10	12,41	49,64	74,46	99,28	124,10
20	1.522,69	112,10	11,21	44,84	67,26	89,68	112,10
30	1.622,79	100,10	10,01	40,04	60,06	80,08	100,10
40	1.710,89	88,10	8,81	35,24	52,86	70,48	88,10
50	1.786,99	76,10	7,61	30,44	45,66	60,88	76,10
60	1.851,09	64,10	6,41	25,64	38,46	51,28	64,10
70	1.903,19	52,10	5,21	20,84	31,26	41,68	52,10
80	1.943,29	40,10	4,01	16,04	24,03	32,08	40,10
90	1.971,39	28,10	2,81	11,24	16,86	22,48	28,10
100	1.987,49	16,10	1,61	6,44	9,66	12,88	16,10
110	1.991,59	4,10	0,41	1,64	2,46	3,28	4,10
120	1.983,69	-	-	-	-	-	-
130	1.963,79	-	-	-	-	-	-
140	1.931,89	-	-	-	-	-	-
150	1.887,99	-	-	-	-	-	-
160	1.832,09	-	-	-	-	-	-

CONCLUSÕES

A curva de resposta ao nitrogênio — encontrada para a média de seis cultivares de trigo nas condições normais de cultivo da região dos Campos Gerais, no Paraná — possibilita a recomendação da dose econômica deste nutriente através da fórmula matemática ou do método gráfico utilizados no trabalho, considerando-se a variação dos preços do trigo e do nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- BODZIAC, JUNIOR, C. & MAAK, R. Contribuição ao conhecimento dos solos dos Campos Gerais, no Estado do Paraná. *Arq. Biol. Tecnol.* - 1: 197-214, 1946.
- BREMNER, J.M. Nitrogen availability indexes. *Agronomy*. 9:1324-45, 1965.
- CASTRO, J.L.; SANABRIA, J.P. & ZAMUZ, E.M. de. Fertilización nitrogenada del trigo. s.l., Centro de Invest. Agrícolas Alberto Boerger, Minist. de Ganadería y Agric., 1972. 32p. (Bol. Tecn., 16).
- CASTRO, J.L.; ZAMUZ, E.M. de; SANABRIA, J.P. Fertilización nitrogenada del trigo. II - Índices de laboratorio e índices de campo para estimar la disponibilidad de nitrógeno. s.l., Centro de Invest. Agrícolas Alberto Boerger, Minist. de Ganadería y Agric., 1974. 32p. (Bol. Tecn., 20).
- RAMOS, M. Nitrogênio e fósforo na fertilidade de alguns solos da região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná. *Pesq. agropec. bras.*, 7:115-8, 1972.
- RAMOS, M. & ZIMMERMANN, F.J. Resposta do trigo (*Triticum aestivum* L.) a modos e épocas de aplicação de nitrogênio, na região dos Campos Gerais, Estado do Paraná. Passo Fundo, EMBRAPA - CNPT, 1976. 11p. (Boletim Técnico, 1).
- RUSSEL, D.A.; HENSSHOW, D.M.; SCHAUBLE, C.E. & DIAMOND, R.B. High-yielding cereals and fertilizer demand. s.l., Nat. Fert. Development Center, T.V.A., 1970. 22p. (T.V.A. Bul. Y-A).
- RUSSEL, J.S. Nitrogen fertilizer and wheat in a semi-arid environment. I - Effect on yield. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 7:453-62, 1967.