

PRODUTIVIDADE DO TRIGO EM SUCESSÃO A SOJA NÃO FERTILIZADA EM LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO¹

AUREO FRANCISCO LANTMANN², MARIA CRISTINA NEVES DE OLIVEIRA³,
ANTONIO CARLOS ROESSING e GEDI JORGE SFREDO⁴

RESUMO - O presente trabalho foi conduzido para avaliar o potencial de fertilidade de um Latossolo Roxo distrófico do estado do Paraná para o cultivo do trigo, e avaliar a resposta técnica e econômica dessa cultura em sucessão com a soja, em função de doses de fósforo e potássio aplicados no trigo e/ou soja. Para isso, um experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Soja/Embrapa, em Londrina, PR, no período de 1990 a 1995. Os seis tratamentos constaram de doses de fósforo e potássio arranjados da seguinte forma: 1) sem fertilizantes para a soja ou trigo; 2) 30 kg/ha de K₂O para o trigo; 3) 50 kg/ha de P₂O₅ para o trigo; 4) 50 kg/ha de P₂O₅ e 30 kg/ha de K₂O para o trigo; 5) 50 kg/ha de P₂O₅ e 30 kg/ha de K₂O para o trigo, 30 kg/ha de P₂O₅ e 50 kg/ha de K₂O para a soja; 6) 50 kg/ha de P₂O₅ e 30 kg/ha de K₂O para o trigo, e 60 kg/ha de P₂O₅ e 100 kg/ha de K₂O para a soja. Todos os fertilizantes foram aplicados mecanicamente no sulco de semeadura, em todos os anos. O solo LRd manteve o nível de fertilidade, originalmente alto, durante três anos, mesmo quando não se adubou para o cultivo da soja. A aplicação de 50 kg/ha de P₂O₅ exclusiva para o cultivo do trigo foi suficiente para manter durante seis anos o teor de P no solo acima do nível médio. Detectou-se, no trigo, efeito da adubação praticada para a soja, quando os teores de P e K no solo se aproximaram dos níveis críticos. O retorno econômico produzido pela adubação para o trigo fica maior em relação à não-adubação, quando os níveis de P e K no solo diminuem e se aproximam dos níveis críticos.

Termos para indexação: fertilidade do solo, adubação, fósforo, potássio.

PRODUCTIVITY OF WHEAT FOLLOWING NON-FERTILIZED SOYBEAN IN A DYSTROPHIC DUSKY RED LATOSOL

ABSTRACT - This research evaluates the soil fertility potential for wheat of a dystrophic Dusky Red Latosol of the state of Paraná, Brazil, and the technical and economical yield response of wheat, double cropped wheat-soybean, as a function of phosphorus and potassium rates applied to wheat and/or soybean. The experiment was carried out at National Soybean Research Center/Embrapa, Londrina, PR, from 1990 to 1995. The treatments were six rates of P and K fertilization arranged in the following way: 1) no fertilization for both soybeans or wheat; 2) 30 kg/ha of K₂O for wheat; 3) 50 kg/ha of P₂O₅ for wheat; 4) 50 kg/ha of P₂O₅ and 30 kg/ha of K₂O for wheat; 5) 50 kg/ha of P₂O₅ and 30 kg/ha of K₂O for wheat, 30 kg/ha of P₂O₅ and 50 kg/ha of K₂O for soybeans; 6) 50 kg/ha of P₂O₅ and 30 kg/ha of K₂O for wheat, 60 kg/ha of P₂O₅ and 100 kg/ha of K₂O for soybeans. Every year, the fertilizers were mechanically applied in the sowing furrow. The soil maintained its originally high fertility level during the three first years, even when no fertilizer was applied for soybeans. Application exclusively for wheat crop of 50 kg/ha of P₂O₅ was enough to maintain the P content in the soil above medium levels during the six years. When P and K contents in the soil approached the critical levels, the effect of the fertilization applied for soybeans was detected in the wheat crop. The net income from wheat crop fertilization became bigger as soil P and K contents dropped approaching the critical levels.

Index terms: soil fertility, fertilization, phosphorus, potassium.

INTRODUÇÃO

Os solos Latossolo Roxo distrófico (LRd) representam 15% da superfície do estado do Paraná, e caracterizam-se principalmente pela grande profundidade efetiva, pelo alto teor de argila, sempre aci-

¹ Aceito para publicação em 13 de setembro de 1996.

² Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR.

³ Lic. em Matemática, M.Sc., Embrapa-CNPSo.

⁴ Eng. Agr., Dr., Embrapa-CNPSo.

ma de 60%, e pela baixa capacidade de troca de cátions. Esses solos necessitam de adubação adequada e calagem periódica, quando aproveitados para o estabelecimento de sistemas de exploração agrícola, como a sucessão trigo-soja (Embrapa, 1986).

O cultivo do trigo na Região Norte paranaense ocorre, em grande parte, sobre os solos classificados como LRd. A definição do potencial de fertilidade desse solo para o cultivo do trigo e a sua capacidade de aproveitamento da fertilidade, em diferentes níveis, são informações ainda necessárias para aprimorar as recomendações de fertilizantes. A sucessão trigo-soja tem-se revelado como um bom sistema de produção.

Considerando-se que tem sido comum, por parte de agricultores, não adubar com fósforo (P) ou potássio (K) para o cultivo da soja, é necessário conhecer a capacidade de aproveitamento, pelas culturas, das adubações praticadas anteriormente, ao longo dos anos de sucessão, para a maximização desse sistema.

O trigo é uma planta relativamente exigente quanto aos nutrientes P e K. A maior exigência, nos solos do Estado do Paraná, é de P, seguindo-se a de K, (Muzilli et al., 1980). Apesar de o trigo extrair quantidades relativamente pequenas de P, a disponibilidade do nutriente no solo deve ser elevada, para fornecer boas produções (Borkert et al., 1993). A questão do K, por sua vez, é ainda discutível, porquanto os solos LRd são tidos como bem providos desse nutriente, e o seu emprego nas adubações promove, freqüentemente, efeitos negativos sobre o rendimento da cultura. Contudo, efeitos benéficos decorrentes da adubação potássica têm sido observados pela pesquisa (Vieira & Muzilli, 1981), particularmente quando a disponibilidade do K extraível se encontra em níveis limitantes.

As informações sobre o possível aproveitamento, pelo trigo, de adubações praticadas anteriormente, devem induzir a um uso mais racional das quantidades e da periodicidade da aplicação dos fertilizantes.

Os efeitos de adubações fosfatadas sobre a produtividade do trigo podem promover acréscimos ou manutenção da produtividade após alguns anos da

sua aplicação, e a magnitude desses efeitos vai depender muito dos níveis de P nos solos. Magalhães et al. (1980) observaram que a adubação fosfatada do ano anterior em solo Latossolo Vermelho-Escuro contribuiu com 50% da produtividade do trigo. De forma semelhante, Patela (1980) mostrou que o trigo apresentou produtividade como conseqüência da adubação fosfatada de anos anteriores, semelhante à obtida quando não se adubou com P para o cultivo do trigo na safra considerada, até quando o solo teve 9,0 mg/dm³ ou mais de P extraível pelo método de Mehlich. Isto evidencia a capacidade do trigo de aproveitar o P de adubações anteriores.

Em relação ao K, tem sido observada, com relativa freqüência, ausência de resposta do trigo, principalmente quando o teor de K no solo é considerado alto. Esta observação tem induzido alguns agricultores a não adubar o trigo com esse elemento. Tal prática pode levar o solo a sua exaustão e a causar baixas produtividades; porém, se for determinada para um tipo de solo com um sistema de produção adotado, com a real quantidade e periodicidade necessária, será possível praticar a adubação potássica com racionalidade. Ausência de resposta do trigo à adubação potássica foi observada por Patela (1980), quando o nível de K no solo, extraído pelo método de Mehlich, esteve acima de 2,5 mmol/dm³ em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Bartz et al. (1975) observaram, num experimento conduzido durante três anos no sistema de cultivo do trigo em sucessão à soja, em solo Latossolo Franco argiloso, ausência de resposta do trigo à aplicação de K no primeiro ano de cultivo, em razão de o teor original de K no solo situar-se bem acima do nível crítico (2,5 mmol/dm³); porém, no terceiro ano em sucessão, o trigo apresentou acréscimos de rendimentos pela aplicação de K, e a adubação potássica aplicada à soja cultivada anteriormente produziu efeito residual no trigo só a partir também do terceiro ano.

Os objetivos do presente trabalho foram: 1. avaliar o potencial de fertilidade de um Latossolo Roxo distrófico do estado do Paraná, assim como a resposta do trigo a doses de fósforo e potássio aplicados no trigo e/ou soja, e 2. analisar economicamente tal resposta na sucessão trigo-soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi iniciado com o cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em novembro de 1989, em solo Latossolo Roxo distrófico, com as características químicas iniciais apresentadas na Tabela 1. Antecedendo à semeadura da soja, foi efetuada uma calagem com 3,5 t/ha de calcário dolomítico (PRNT 100%). Após esta operação, o experimento foi conduzido em sistema de semeadura direta.

Os tratamentos constaram de seis combinações de fertilizantes fosfatados e potássicos aplicados para os cultivos da soja e/ou trigo. As doses de P e K foram definidas segundo as recomendações dos documentos Embrapa (1988) e Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (1989). Os tratamentos foram compostos da seguinte forma: 1) sem fertilizante para o trigo ou soja, 2) 30 kg/ha de K₂O para o trigo, 3) 50 kg/ha de P₂O₅ para o trigo, 4) 50 kg/ha de P₂O₅ e 30 kg/ha de K₂O para o trigo, 5) 50 kg/ha de P₂O₅ e 30 kg/ha de K₂O para o trigo e 30 kg/ha de P₂O₅ e 50 kg/ha de K₂O para a soja, 6) 50 kg/ha de P₂O₅ e 30 kg/ha de K₂O para o trigo e 60 kg/ha de P₂O₅ e 100 kg/ha de K₂O para a soja. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Todos os fertilizantes foram aplicados mecanicamente no sulco de semeadura, junto com as sementes, em todos os anos. No cultivo do trigo, em todos os tratamentos, foi adicionada uma dose equivalente a 60 kg/ha de N, com o sulfato de amônio. Foram utilizados superfosfato simples e o cloreto de potássio como fontes para P₂O₅ e K₂O.

As avaliações da fertilidade do solo, durante os anos de experimentação, foram feitas por análises de solo amostrado depois das colheitas do trigo, e analisadas no Laboratório de Química de Solos do CNPSo, segundo método descrito por Vettori (1969), no qual o P e o K são extraídos pela solução ácida de Mehlich. O trigo, cultivar BR-18, foi semeado durante o período de experimentação, na primeira quinzena do mês de abril de cada ano,

TABELA 1. Dados da análise química do solo Latossolo Roxo distrófico antecedendo à instalação do experimento em 1989. Embrapa-CNPSo. Londrina, PR. 1991.

pH em CaCl ₂	Cátions trocáveis					Al	C	P
	Al	K	Ca	Mg	H+Al			
4,51	1,6	3,9	39,5	11,7	52,1	2,4	15,8	9,9
-----mmol/dm ³ -----								
						%	g/dm ³	mg/dm ³

com densidade de semeadura de 80 sementes por metro linear e no espaçamento de 0,17 m entre as linhas, e colhido na primeira quinzena do mês de agosto de cada ano. As parcelas, com 20 m x 8 m foram colhidas mecanicamente, e a área útil considerada foi de 126 m². Para tornar exequível a análise de variância dos resultados experimentais, foram aplicados os métodos de Lilliefors (1967), Tukey (1949), Pearson & Hartley (1954) e Burr & Foster (1972), para avaliar, respectivamente, a normalidade dos resíduos, a aditividade do modelo e a homogeneidade das variâncias dos tratamentos. As análises da variável rendimento de grãos foram realizadas utilizando os pacotes estatísticos do SAS (Statistical Analysis System) e SANEST, Sistema de Análise Estatística desenvolvido por Zonta et al. (1982). O teste F foi utilizado para avaliar o efeito dos tratamentos. Quando significativo, aplicou-se o teste de Duncan (P<0,05) para as comparações de médias.

A análise econômica consistiu da determinação da receita líquida, obtida pela subtração de custo dos fertilizantes do valor da receita bruta da produção de trigo em cada tratamento. Comparou-se também a produção relativa de cada tratamento em relação ao tratamento sem adição de fertilizantes fosfatados e potássicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fertilidade do solo

A Tabela 2 mostra o resultado das análises químicas do solo após a aplicação da calagem em 1989, e os resultados a partir de 1990. Os resultados de 1991 e 1992 não apresentaram diferenças em relação a 1990. A calagem promoveu, como esperado, a redução do teor de Al trocável, de 1,6 a 0,2 mmol/dm³, e aumentou o valor do pH de 4,5 para 5,0 na média dos tratamentos (Tabelas 1 e 2).

A partir do quarto ano (1993), houve aumento no teor de Al, e ao final do quinto ano (1994) esse valor chegou a 0,8 mmol/dm³, em média, e o valor do pH caiu para 4,7; após o sexto ano (1995), os valores de pH e Al voltaram a apresentar valores semelhantes aos iniciais da época de instalação do experimento (4,6 do pH e até 1,9 mmol/dm³ de Al).

O aumento do teor de Al trocável e a redução dos valores de pH, ao longo dos anos, em solos cultivados com trigo ou com a sucessão trigo-soja, são relatados também por Ritche & Dolling (1985) e

TABELA 2. Propriedades químicas do solo Latossolo Roxo distrófico, resultantes das adubações anuais em trigo e soja em sucessão, no período de 1990 a 1995. Embrapa-CNPSO. Londrina, PR. 1995.

Tratamento				pH em CaCl ₂	Cátions trocáveis					Al	C	P
Soja		Trigo			Al	K	Ca	Mg	H+Al			
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O									
kg/ha				mmol/dm ³					---	g/dm ³	mg/dm ³	
1990												
0	0	0	0	5,0	0,0	3,5	53,1	19,4	50	0,0	17	9,7
0	0	0	30	5,3	0,0	3,1	63,3	19,1	44	0,0	16	9,4
0	0	50	0	4,9	0,1	3,1	50,2	15,1	52	0,1	15	9,3
0	0	50	30	4,9	0,2	3,6	46,4	19,4	53	0,2	10	11,0
30	50	50	30	4,9	0,2	3,4	45,1	16,2	51	0,3	18	8,2
60	100	50	30	5,4	0,1	4,4	66,2	19,0	40	0,1	17	13,5
1993												
0	0	0	0	4,9	0,6	2,8	47,9	20,6	44	0,8	17	7,8
0	0	0	30	5,2	0,0	2,5	49,5	21,1	37	0,0	13	7,8
0	0	50	0	5,0	0,0	2,5	48,8	20,4	45	0,0	13	12,5
0	0	50	30	5,2	0,1	2,6	45,1	18,2	49	1,1	15	13,8
30	50	50	30	5,0	0,6	3,3	47,2	27,0	35	0,7	13	16,2
60	100	50	30	5,3	0,0	4,8	57,7	20,7	33	0,0	14	20,2
1994												
0	0	0	0	4,7	0,8	2,0	42,3	14,7	39	1,4	14	6,6
0	0	0	30	4,8	0,7	2,3	41,3	13,9	37	1,2	14	6,3
0	0	50	0	4,6	0,9	1,7	40,3	14,0	39	1,6	14	9,5
0	0	50	30	4,5	1,2	2,3	35,0	12,7	41	2,3	14	11,5
30	50	50	30	4,6	0,7	3,1	36,9	13,3	43	1,3	15	11,9
60	100	50	30	4,9	0,7	4,2	47,5	14,8	37	1,0	16	16,2
1995												
0	0	0	0	4,6	1,3	2,0	34,2	14,3	55	2,6	13	5,3
0	0	0	30	4,6	1,6	2,6	40,6	17,8	61	2,1	16	4,8
0	0	50	0	4,6	1,7	1,9	37,5	15,1	52	3,0	13	10,8
0	0	50	30	4,6	1,9	2,3	32,1	13,2	56	4,8	14	10,8
30	50	50	30	4,6	1,4	3,7	38,0	14,3	58	2,4	16	10,7
60	100	50	30	5,0	0,6	4,6	44,5	16,8	50	0,9	16	16,9

Bataglia et al. (1985), e, segundo esses autores, a dissociação de ácidos fracos da matéria orgânica acumulada em sistema de semeadura direta promovem, principalmente, a liberação de íons de hidrogênio (H⁺), que, em solos distróficos, podem deslocar íons de alumínio (Al⁺) para a solução do solo, gerando o fenômeno de aumento da acidez no decorrer dos anos.

Os valores médios de pH, Al e saturação de Al, 4,6, 1,9 mmol/dm³ e até 4,0%, respectivamente, observados no final do sexto ano de experimentação (Tabela 2), são índices que não comprometem o desenvolvimento da cultura do trigo nesse tipo de

solo, segundo Muzilli et al. (1978), que mostraram ser de 12,0% o valor de saturação de Al acima do qual o trigo seria afetado em termos de produtividade. Os resultados de Ca e Mg trocáveis indicam um decréscimo progressivo com o passar dos anos. Após a calagem em 1989, os teores de Ca e Mg foram elevados de 39,5 e 11,7 a 53,2 e 17,8 mmol/dm³, respectivamente (Tabelas 1 e 2), e a partir de 1993, principalmente no tocante ao Ca, observa-se uma diminuição na concentração desses nutrientes, chegando, em 1995, com valores próximos dos iniciais. Raji et al. (1982) verificaram, em ensaio realizado em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, que o Ca e

o Mg provenientes de calagem equivalente a 3 t/ha, diminuíam na concentração no solo na razão de 2,9 e 3,0 mmol_c/dm³ ao ano, respectivamente. No presente trabalho, a razão anual de perda do Ca e Mg foi de 2,6 e 2,5 mmol_c/dm³, respectivamente, considerando-se os valores médios dos seis tratamentos em 1990 e 1995 mostrados na Tabela 2. A diminuição observada nesses nutrientes pode ser atribuída ao processo de lixiviação. Quanto aos solos LRd, no estado do Paraná, são definidos como níveis críticos de K no solo para o cultivo do trigo os seguintes valores: menores que 1,0 mmol_c/dm³ são baixos; entre 1,1 e 3,0 mmol_c/dm³, como adequados; e acima de 3,0 mmol_c/dm³, são considerados altos, conforme Muzilli & Lantmann (1978).

O valor inicial de K, 3,9 mmol_c/dm³ mostrado na Tabela 1, era então alto para esse solo, e o trigo cultivado nesta condição deveria apresentar pouca ou nenhuma resposta à aplicação de K₂O. Os tratamentos que não receberam adubação potássica para o trigo e também para a soja (1 a 4) mostraram, a partir do ano 1993, valores considerados médios (abaixo de 3,0 mmol_c/dm³), e valores entre 2,0 e 1,9 mmol_c/dm³, no final do quinto ano de cultivo (Tabela 2). Borkert et al. (1975) observaram que o cultivo sucessivo de trigo e soja em solo Latossolo Vermelho-Escuro promoveu, durante quatro anos de cultivo, um decréscimo do nível de K do solo equivalente a 1,0 mmol_c/dm³ por ano de sucessão. Admitindo-se que o valor de 3,0 mmol_c/dm³ significa o nível crítico de K em solo LRd para a distinção entre a classe de resposta baixa para média, segundo Muzilli & Lantmann (1978), há a necessidade de restabelecer o nível de K no solo nos tratamentos que não receberam K nos cultivos do trigo e da soja, a partir do quarto ano. O nível crítico de K (3,0 mmol_c/dm³) foi mantido, ao longo dos anos, pela aplicação anual de 50 e 30 kg/ha de K₂O para a soja e trigo, respectivamente (tratamento 5). A aplicação de K na dose 30 kg/ha de K₂O exclusivamente para o cultivo de trigo (tratamentos 2 e 4) manteve o nível original somente até o final do terceiro ano. O tratamento 6, correspondente a aplicações de K a 100 e 30 kg/ha de K₂O para soja e trigo, apresentou, desde os primeiros anos, níveis de K no solo acima do original, entre 4,4 a 4,8 mmol_c/dm³.

Conforme Muzilli & Lantmann (1978), são definidos para o cultivo do trigo os seguintes níveis críticos de P no solo, extraídos pelo método de Mehlich: muito baixo, com valores menores que 4,0 mg/dm³; baixo, com valores entre 4,1 e 9,0 mg/dm³; médio, com valores entre 9,1 e 18,0 mg/dm³, e alto, com valores maiores que 18,0 mg/dm³. Por essa definição, o valor inicial de P no solo (9,9 mg/dm³) representava uma concentração média de P (Tabela 1). A aplicação de P apenas para o cultivo do trigo (tratamentos 3 e 4) foi suficiente para manter o teor de P no solo entre 9,5 e 10,8 mg/dm³, durante os seis anos de experimentação. Os tratamentos que não tiveram adubação fosfatada para o trigo e/ou soja apresentaram queda no teor de P no solo, chegando, no sexto ano (1995), a 4,8 mg/dm³. As aplicações de P para os cultivos de soja e de trigo elevaram o seu teor no solo para valores acima de 16,2 mg/dm³. Considerando os valores inicial e final de P no solo (9,9 e 5,3 mg/dm³ respectivamente), conclui-se que houve uma perda equivalente a 0,6 mg/dm³ de P por ano no tratamento que não recebeu fósforo.

Produtividade do trigo

A produtividade média de trigo de cada ano reffete, além do efeito das doses de P e K aplicadas, também o das ações climáticas ocorridas durante os anos de execução do experimento (Tabela 3).

A ausência de adubação fosfatada e potássica para o sistema de sucessão, representada pelo tratamento 1, manteve produtividade acima dos 1.800 kg/ha, menos no quinto ano, devido à prolongada estiagem. Desde o primeiro ano esse tratamento apresentou as menores produtividades, com rendimentos - relativos aos demais tratamentos - menores com o passar dos anos, evidenciando resposta positiva do trigo ao P e ou ao K desde o primeiro ano da sucessão. A aplicação anual de 30 kg/ha de K₂O e/ou 50 kg/ha de P₂O₅ somente para o cultivo do trigo, representados pelos tratamentos 2, 3 e 4, mostraram que até o terceiro ano da experimentação (1992) seus efeitos foram semelhantes e promoveram aumentos médios equivalentes a 306 e 357 kg/ha em 1991 e 1992, respectivamente, em comparação com o tratamento 4 em relação ao tratamento 1. Camargo et al. (1990),

TABELA 3. Rendimento de grãos de trigo, cultivar BR-18, cultivada em sucessão à soja, em função de fertilizantes aplicados à soja e ao trigo, em solo Latossolo Roxo distrófico, no período 1990 a 1995, Embrapa-CNPSo. Londrina, PR, 1995¹.

Tratamento				Anos					Média	
Soja		Trigo		1990	1991	1992	1993	1994		1995
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O							
kg/ha										
0	0	0	0	1894b	1835b	2104b	2637cd	848e	1920c	1873e
0	0	0	30	2210ab	1838b	2147b	2514d	949de	1923c	1930de
0	0	50	0	2366a	1812b	2138b	2941bc	1109cd	2473bc	2139cd
0	0	50	30	1979ab	2141a	2461a	3054b	1207bc	2662b	2250c
30	50	50	30	2046ab	2032ab	2617a	3138ab	1417b	2958ab	2368bc
60	100	50	50	2311ab	2199a	2695a	3322a	1657a	3081a	2544a
Média				2134	1976	2360	2934	1198	2502	2184
C.V.(%)				11,88	8,25	7,51	7,29	14,5	8,31	6,4
F. Tratamentos				2,24*	4,39*	8,87*	8,22*	13,16*	8,71*	7,8*

¹ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste Duncan.

* = nível de significância de 5%.

estudando o efeito da adubação com P e K (20 a 30 kg/ha de P₂O₅ e 10 a 15 kg/ha de K₂O) aplicados ao solo para o cultivo do trigo em solo Latossolo Vermelho-Escuro, durante seis anos, observaram muito pouca resposta do trigo aos dois nutrientes quando os teores de P e K estavam acima de 30 mg/dm³ e 3,0 mmol/dm³, respectivamente.

Neste trabalho, de forma semelhante, acréscimos de produtividade produzidos pela aplicação de P ou K foram maiores a partir do quarto ano, quando os teores dos respectivos nutrientes no solo se aproximaram dos níveis críticos. A partir do quarto ano (1993), a resposta ao P ficou mais pronunciada, justamente quando o teor de P no solo estava em 7,8 mg/dm³, sendo observados aumentos, graças aos 304 kg/ha e 553 kg/ha de P em 1993 e 1995, respectivamente.

Muzilli et al. (1979) concluíram, a partir de trabalho realizado durante quatro anos em diversos solos do Estado do Paraná, ser o P o nutriente com a maior chance de produzir aumento de rendimento em relação ao K. Esse resultado também fica evidente no presente experimento, em que se observa,

na média dos rendimentos, o efeito da aplicação de 50 kg/ha de P₂O₅, que proporcionou aumentos de cerca de 266 kg/ha mais que o tratamento sem P e K, e 209 kg/ha mais que o tratamento só com K.

A produtividade do trigo obtida nos tratamentos 5 e 6 que receberam adubações fosfatada e potássica anualmente para a soja e trigo, não diferiram do tratamento que recebeu essas adubações exclusivamente para o trigo (tratamento 4) até o quarto ano do trabalho, conforme mostra a Tabela 3. No ano de 1994, o rendimento do trigo foi bastante afetado pela prolongada estiagem, e promoveu uma grande discriminação entre os tratamentos. Apesar disso, pode-se admitir que a partir daquele ano os tratamentos 5 e 6 teriam uma tendência para maior rendimento do trigo, considerando-se que seus níveis de fertilidade, principalmente com relação ao K, estariam maiores do que os demais tratamentos. Em 1995, o rendimento nesses tratamentos foi superior aos demais, e em relação ao rendimento obtido com a adubação exclusivamente para o trigo (tratamento 4) foi observado um acréscimo médio de 419 kg/ha. Sharpe et al. (1984), trabalhando com solo argiloso com

baixo teor de P, concluíram que a aplicação anual de P em dose equivalente a 150 kg/ha de P₂O₅ foi suficiente para manter a produtividade média do trigo em 3.240 kg/ha durante quatro anos, num sistema de sucessão com soja e trigo, em que não se adubava com P a cultura da soja. No presente trabalho, a manifestação da adubação praticada para a soja sobre o rendimento do trigo foi obtida a partir do quarto ano da instalação da sucessão.

+20% a +48% e +33% a +40% nos tratamentos que incluíram adubações na cultura da soja.

Os dados permitem concluir que o retorno econômico proporcionado pela adubação depende, em primeiro lugar, do estado de fertilidade do solo, e em segundo lugar, do conhecimento das alternativas de fertilidade do solo que o sistema de sucessão trigo-soja possa oferecer ao longo dos anos, para seu melhor aproveitamento.

Análise econômica do trigo

Com as produtividades de trigo alcançadas graças aos tratamentos aplicados, efetuou-se a determinação da receita líquida para cada tratamento, considerando-se apenas o custo de fertilizantes gastos com o trigo (Tabela 4). No primeiro ano, as melhores receitas foram observadas nos tratamentos com menor adição de fertilizantes, apresentando a maior receita líquida com a dose de 30 kg/ha de K₂O, com +12% de eficiência em relação ao tratamento sem P e K. Os dados do segundo ano (1991) sugerem que nesse ano não deveriam ser aplicados fertilizantes ao solo. A partir do terceiro ano (1992), os tratamentos com adubação P e K no trigo e na soja começaram a produzir maior eficiência econômica em relação aos tratamentos com menos fertilizantes, concluindo-se, no quinto e sexto ano, 1994 e 1995, com aumento da eficiência econômica relativa de

CONCLUSÕES

1. O Latossolo Roxo distrófico mantém o nível de fertilidade originariamente alto durante os três primeiros anos, tornando dispensável a adubação para o cultivo de soja no sistema de sucessão ao trigo.

2. A aplicação de 50 kg/ha de P₂O₅ para o cultivo do trigo em sucessão a soja é suficiente para manter o teor de fósforo no solo acima do nível médio, equivalente a 9,0 mg/dm³, durante seis anos.

3. Quando os níveis de P e K no solo se aproximam dos índices críticos, a adubação praticada para soja influi positivamente no trigo em sucessão à soja.

4. O retorno econômico produzido pela adubação para o trigo fica maior em relação à não-adubação, quando os níveis de P e K no solo diminuem e se aproximam dos índices críticos.

TABELA 4. Avaliação econômica relativa à produção de trigo cultivado em sucessão à soja, em função de fertilizantes aplicados a soja e/ou trigo, no período de 1990 a 1995. Embrapa-CNPSO. Londrina, PR, 1995.

Tratamento				Anos ¹											
Soja		Trigo		1990		1991		1992		1993		1994		1995	
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	RL	PR	RL	PR	RL	PR	RL	PR	RL	PR	RL	PR
kg/ha				R\$	%	R\$	%	R\$	%	R\$	%	R\$	%	R\$	%
0	0	0	0	261,37	100	253,23	100	290,35	100	363,91	100	117,02	100	264,96	100
0	0	0	30	294,33	+12	242,99	-4	285,64	-2	336,28	-7	120,31	+2	254,87	-3
0	0	50	0	282,85	+8	206,40	-18	251,39	-13	362,20	-1	109,30	-6	297,77	+12
0	0	50	30	218,79	-16	241,29	-4	285,31	-2	367,14	+1	112,26	-4	313,35	+18
30	50	50	30	228,04	-12	226,11	-10	306,84	+5	378,74	+4	141,24	+20	354,20	+33
60	100	50	30	264,61	+1	249,15	-2	317,60	+9	404,13	+11	174,36	+48	371,17	+40

¹ RL = receita relativa considerando os preços em 05/95: trigo=R\$ 0,13/kg; P₂O₅=R\$ 0,87/kg; K₂O=R\$ 0,35/kg; PR = porcentagem em relação à receita sem fertilizantes.

REFERÊNCIAS

- BARTZ, H.R.; KOCHHANN, R.A.; SIQUEIRA, O.J.; BORKERT, C.M. Avaliação das curvas de resposta do trigo à adubação potássica em sucessão trigo-soja. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 7., 1975, Passo Fundo. Trigo-**resultados de pesquisa em 1974**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1975. v.1, p.81-96.
- BATAGLIA, O.C.; CAMARGO, C.E. de O.; OLIVEIRA, O.F.; NAGAI, V. de; RAMOS, V.J. Resposta à calagem de três cultivares de trigo com tolerância diferencial ao alumínio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.2, p.139-147, 1985.
- BORKERT, C.M.; SIQUEIRA, O.J.F. de; KOCHHANN, R.A.; BARTZ, H.R.; SCHOLLES, D.; MARTINI, J.A. Considerações sobre a disponibilidade de potássio em alguns solos do planalto riograndense, em relação ao K aplicado ao solo e ao sistema de cultivo trigo e soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA, RS/SC, 3., 1975, Porto Alegre. Soja: resultados de pesquisa obtidos em Passo Fundo 1974/75. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1975. v.2, p.47-56.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; SILVA, D.N. Calibração de potássio para soja em Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.2, p.227-230, 1993.
- BURR, I.W.; FOSTER, L.A. A test for equality of variances. Lafayette, Indiana: Purdue University. Department of Statistics, 1972. 26p. (Mimeo series, 282)
- CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO A.W.P.; FREITAS, J.G. de; PETTINELLI, A.J.; RAMOS, V.J.; KANTHACK, R.A.D. Adubação N, P, K e S para a cultura do trigo no Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1990. 33p. (Instituto Agrônomo. Boletim técnico, 129)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ) Guia para identificação dos principais solos do estado do Paraná. Rio de Janeiro, 1986. 36p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas da XI reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil, 1988**. Londrina, 1988. 84p. (Embrapa-CNPSO. Documentos, 35).
- LILLIEFORS, J.W. On the kolmogorov-smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, v.25, p.399-402, 1967.
- MAGALHÃES, J.C.A.; LOBATO, E.; RODRIGUES, L.H. Calagem e adubação fosfatada para dois cultivares de trigo em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.3, p.160-164, 1980.
- MUZILLI, O.; LANTMANN, A.F. Calagem e adubação para a cultura de trigo no estado do Paraná com base na análise de solos. Londrina: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, 1978. 25p. (Circular, 2).
- MUZILLI, O.; LANTMANN, A.F.; TORNERO, M.T. Respostas do trigo a fósforo e potássio como base de interpretação das análises de solo para adubação da cultura no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3, n.2, p.93-96, 1979.
- MUZILLI, O.; PALHANO, J.B.; MANETTI, J.; LANTMANN, A.F.; GARCIA, A.; CATANEO, A. Tolerância de cultivares de soja e de trigo à acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, p.34-40, 1978.
- MUZILLI, O.; LLANILLO, R.F.; MIRANDA, G.M. Uso de fertilizantes na sucessão soja-trigo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ. **Uso de fertilizantes na agricultura paranaense**. Londrina, 1980. 67p. (Circular IAPAR, 16).
- ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Recomendações técnicas para a cultura do trigo no estado do Paraná**. Cascavel, 1989. 100p. (OCEPAR. Boletim técnico, 24).
- PATELA, J.F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento do trigo e algumas propriedades químicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.1, p.31-35, 1980.
- PEARSON, E.S.; HARTLEY, H.O. *Biometrika Tables for Statisticians*. Cambridge: Cambridge University Press, 1954. v.1, Tables 31 and 32.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, A.P.; CAMARGO, A.P. de; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n.1, p.33-37, 1982.

- RITCHE, G.S.P.; DOLLING, R.J. The role of organic matter in soil acidification. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v.23, p.569-576, 1985.
- SHARPE, R.R.; TOUCHTON, J.T.; BOSWELL, F.C.; LARGROVE, W.L. Effect of applied and residual P on double-cropped wheat and soybean under conservation on tillage management. *Agronomy Journal*, Madison, v.76, p.31-35, 1984.
- TUKEY, J.W. "One degree of freedom for non-additivity". *Biometrics*, v.5, p.232, 1949.
- VETTORI, L. *Métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro: EPFS, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7).
- VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Solos para a cultura do trigo no Estado do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Cultura do trigo no estado do Paraná*. Londrina, 1981. 126p. (IAPAR. Circular, 22).
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. *Sistema de Análise Estatística-SANEST, registro na SEI nº 066060*. Pelotas: UFPEL, 1982.

