

COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE TRIGO EM RELAÇÃO A FÓSFORO NO SOLO⁽¹⁾

J. R. BEN⁽²⁾ & A. R. DECHEN⁽³⁾

RESUMO

Com o objetivo de verificar a ocorrência de diferenças no comportamento de genótipos de trigo em relação a fósforo, realizou-se um experimento, em vasos, utilizando-se amostras coletadas na profundidade de 0-20 cm de um latossolo vermelho-escuro distrófico. Avaliaram-se três genótipos de trigo: Toropi, IAC 5-Maringá e BH 1146; seis doses de P_2O_5 : 0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg kg⁻¹; e dois níveis de calagem: 0 e 1 SMP para pH 6,0 = 10,6 t ha⁻¹. Os parâmetros determinados na parte aérea da planta estiveram mais bem relacionados com doses e com teores de fósforo no solo, quando comparados com os parâmetros produção de matéria seca e comprimento de raiz. Entre os parâmetros de parte aérea da planta, a produção de matéria verde (MV) e a de matéria seca (MS) apresentaram-se mais bem correlacionadas com os parâmetros radiculares. Os parâmetros MV e MS mostraram-se adequados para avaliar o comportamento de genótipos de trigo em relação a fósforo no solo. Embora os genótipos estudados sejam considerados tolerantes à acidez de solo, a calagem mostrou-se indispensável, proporcionando aumento na eficiência da adubação fosfatada, para o parâmetro MS, de, aproximadamente, quatro vezes. O efeito da adição de fósforo ao solo manifestou-se mais intensamente sobre a parte aérea da planta do que sobre o sistema radicular. Isso ocorreu também para a calagem, porém em menor grau. O cultivar Toropi apresentou maiores taxas de absorção e utilização de fósforo para a produção de matéria seca da parte aérea da planta do que o 'IAC 5-Maringá' e o 'BH 1146'.

Termos de indexação: trigo, *Triticum aestivum* L., calagem, adubação fosfatada, casa de vegetação.

SUMMARY: BEHAVIOR OF WHEAT GENOTYPES IN RELATION TO PHOSPHORUS IN THE SOIL

An experiment was carried out in pots, using samples collected from a dark red dystrophic latosol at 0-20 cm depths. The objective was to verify differences among three wheat genotypes in relation to applied phosphorus. Three wheat genotypes were assessed (Toropi, IAC 5-Maringá, and BH 1146) at six levels of P_2O_5 (0, 30, 60, 120, 240, and 480 mg kg⁻¹) and at two levels of liming (0 and 1 SMP for pH 6.0). The fixed parameters of above-ground plant parts were more closely related with both levels and contents of phosphorus in the soil, as compared to dry matter production and root length. Among the parameters of above-ground plant parts, green matter production (MV) and dry matter production (MS) showed the highest correlation indexes with root parameters. MV and MS were adequate to assess the behavior of wheat genotypes, as related

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado em Agronomia do primeiro autor. Recebido para publicação em janeiro de 1995 e aprovado em fevereiro de 1996.

⁽²⁾ Pesquisador da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT). Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo (RS).

⁽³⁾ Professor da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP).

to phosphorus content in the soil. In spite of the fact that the genotypes studied are considered tolerant to soil acidity, lime application was essential and provided an increase of close to four times in the efficiency of phosphorus fertilization for MS parameters. The effect of phosphorus fertilization was more intense on the above-ground plant parts than on the root system. This also occurred for liming, although to a lesser extent. The cultivar Toropi showed higher rates of take-up and use of phosphorus for the production of dry matter of above-ground plant parts, as compared to cultivars IAC 5-Maringá and BH 1146.

Index terms: wheat, Triticum aestivum L., liming, phosphorus fertilization, greenhouse.

INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros nas regiões onde o trigo é cultivado, bem como naquelas apropriadas à expansão dessa cultura, são, em sua maioria, ácidos e deficientes em fósforo.

O grau de tolerância aos fatores de acidez de solo alcançado nos cultivares de trigo brasileiros é significativamente superior ao verificado nos mexicanos, sensíveis à acidez (Siqueira, 1983). Quando comparada à soja, a maior tolerância de trigo é evidenciada pela sua menor resposta à calagem em solos ácidos (Mielniczuk, 1978). A tolerância de trigo à acidez de solo, obtida mediante melhoramento genético, embora permita reduzir consideravelmente a quantidade de calcário a aplicar, não elimina essa prática, especialmente em solos com acidez elevada, como se pode observar pela resposta da cultura à calagem, em resultados experimentais (Mielniczuk, 1978).

Diferenças entre cultivares de trigo quanto à capacidade de crescerem em solo com deficiência de fósforo, de absorverem e de utilizarem esse nutriente, e de reagirem à adubação fosfatada, podem indicar a presença de variabilidade genética na cultura para maior eficiência no aproveitamento de fósforo (Magalhães, 1979, e Ben & Rosa, 1983). Essa possibilidade também é mostrada em resultados obtidos em solução nutritiva (Camargo, 1984, e Abichequer & Bohnen, 1994). Essa característica, se convenientemente utilizada em programas de melhoramento genético, poderá representar economia no consumo de fósforo para a cultura de trigo no Brasil.

O trabalho teve como objetivo estudar o comportamento de três genótipos de trigo em relação a fósforo, em solo sob condições de acidez e com acidez corrigida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (EMBRAPA/CNPT), Passo Fundo (RS), em 1983, em vasos, sob condições de casa de vegetação. Utilizaram-se amostras coletadas na camada 0-20 cm de solo pertencente à Unidade de Mapeamento Passo Fundo (Latossolo Vermelho-Escuro distrófico). Os tratamentos constaram de três genótipos de trigo: Toropi, IAC 5-Maringá e BH 1146; seis doses de P_2O_5 : 0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg kg⁻¹; e dois níveis de calagem: 0 e 1 SMP para elevar o pH do

solo a 6,0 = 10,6 t ha⁻¹ de calcário. Esses tratamentos foram arrançados em um fatorial 6 x 2 x 3, em blocos ao acaso, com três repetições.

A correção da acidez de solo, para o nível equivalente a 1 SMP, foi realizada misturando-se ao solo calcário dolomítico, finamente moído, com PRNT corrigido para 100%, e incubando-se por três meses. O adubo fosfatado foi misturado ao solo vinte dias antes da semeadura, juntamente com o potássico, representados, respectivamente, por superfosfato triplo e cloreto de potássio. Em todos os tratamentos, adicionaram-se 75 mg de K₂O kg⁻¹ e 30 mg de N kg⁻¹. O nitrogênio foi aplicado sob a forma de uréia em solução, em duas vezes: uma, correspondente a 1/3 da dose, foi realizada logo após a semeadura, e a restante, no início do perfilhamento.

Em cada vaso, contendo 6,5 kg de solo seco ao ar, colocaram-se dez sementes, deixando-se seis plantas após o perfeito estabelecimento delas. A emergência de plantas ocorreu oito dias após a semeadura. A irrigação foi feita colocando-se água suficiente para proporcionar ao solo umidade equivalente a 80% da capacidade de campo. O monitoramento da umidade de solo foi feito pela pesagem de alguns vasos, ao acaso. Aos trinta dias da emergência das plantas, e a cada dez dias até a colheita, com a finalidade de uniformizar a umidade de solo em todos os tratamentos, os vasos, cujas bases eram perfuradas, foram colocados em bandejas contendo água, até o umedecimento total do solo, quando, então, a água foi retirada. Semanalmente, foi feito o rodízio de vasos, visando a minimizar o efeito das variações de ambiente a que estavam expostos.

Procedeu-se à colheita do experimento quando as plantas, nos tratamentos com suprimento de fósforo, encontravam-se na floração. Nessa ocasião, apenas as plantas no tratamento sem suprimento de fósforo não se encontravam ainda nesse estágio. Determinaram-se, na planta, as produções de matéria verde e de matéria seca da parte aérea, a altura, os números de afilhos e de espigas, a produção de matéria seca de raízes, o comprimento de raiz e o teor de fósforo no tecido da parte aérea. O comprimento de raiz foi estimado pelo método da intersecção de raízes, conforme Tennant (1975). O fósforo no tecido foi extraído por via úmida, sendo determinado pelo método vanadato e molibdato de amônio, descrito por Tedesco et al. (1985).

No solo, foram determinados, em amostras coletadas em todos os tratamentos após a colheita das plantas, os valores de pH em água, de matéria orgâ-

nica, de fósforo e de potássio, de alumínio e de cálcio + magnésio trocáveis e de necessidade de calcário (Tedesco et al. 1985). Foram feitas correlações entre os parâmetros determinados na planta entre si e entre estes e as doses aplicadas e os teores de fósforo no solo. Usaram-se 54 pares de dados para as correlações em cada nível de calagem. Os dados de produção de matéria seca da parte aérea e de fósforo no tecido foram submetidos à análise da variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calagem, na dose recomendada pelo método SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (1 SMP), aumentou o pH em água de 4,7 para 5,5 e, em consequência, reduziu o teor de alumínio trocável de 28 para 3 mmol_c L⁻¹ e elevou o teor de cálcio + magnésio trocáveis de 41 para 85 mmol_c L⁻¹ no solo (Quadro 1). Na ausência de adubação fosfatada, o solo apresentou teor médio

de 2,7 mg dm⁻³ de fósforo (Quadro 1). Esse valor, para a classificação textural do solo em estudo (48% de argila, classe 2) e para o método de extração utilizado, é considerado muito baixo (Siqueira et al., 1987). Com a adição de doses crescentes de P₂O₅ ao solo, seus teores se elevaram, obtendo-se, em média, com a aplicação de 120 mg de P₂O₅ kg⁻¹, teor equivalente a 13,8 mg de P dm⁻³. O nível crítico para este solo é de 9,0 mg dm⁻³.

Os dados de produção de matéria seca da parte aérea (MS), em grama por vaso, e de fósforo no tecido da parte aérea (PMS), em mg kg⁻¹, encontram-se, respectivamente, nos quadros 2 e 3.

Os dados de produção de matéria verde (MV), em grama por vaso, de altura de planta (AP), em centímetro, de número de afixos por vaso (NA), de número de espigas por vaso (NE), de produção de matéria seca de raiz (MSR), em grama por vaso, e de comprimento de raiz, em metro por vaso, usados na matriz de correlação (Quadro 4), encontram-se relatados em Ben (1989).

Quadro 1. Valores médios de pH em água (1:1), de alumínio e cálcio + magnésio trocáveis e de fósforo em amostras de solo coletadas após a colheita das plantas em solo sob dois níveis de calagem: 0 e 1 SMP (10,6 t ha⁻¹) e seis doses de fósforo

Calcário	pH H ₂ O (1:1)	Cátion trocável		Dose de P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)					
		Al	Ca + Mg	0	30	60	120	180	480
t ha ⁻¹		— mmol _c L ⁻¹ —		— mg dm ⁻³ —					
0	4,7	28	41	2,6	5,2	7,0	14,1	26,1	56,8
10,6	5,5	3	85	2,8	5,1	7,0	13,5	25,9	49,7

Quadro 2. Produção de matéria seca da parte aérea (MS) dos três genótipos de trigo obtida em resposta a P, em condições de acidez corrigida (1 SMP) e não corrigida (0 SMP). Dados médios de três repetições

P ₂ O ₅	Toropi			IAC 5-Maringá			BH 1146		
	0 SMP	1 SMP	Média	0 SMP	1 SMP	Média	0 SMP	1 SMP	Média
mg dm ⁻³	g/vaso								
0	0,97	1,65	1,31	0,50	0,75	0,62	0,47	0,57	0,52
30	12,31	21,69	17,00	7,37	11,23	9,30	5,36	10,33	7,85
60	14,98	20,20	17,59	9,38	14,14	11,76	7,30	12,47	9,89
120	20,14	24,34	22,26	11,36	15,00	13,18	10,12	13,75	11,94
240	22,28	25,15	23,72	13,42	17,35	15,38	11,60	14,01	12,80
480	23,16	28,00	25,58	14,71	16,43	15,57	13,26	15,48	14,37
Média	15,64	20,18	17,91	9,46	12,48	10,97	8,02	11,70	9,56

C.V. % = 10,68

Equações:	(Toropi, 0 SMP)	$y = 5,62530 + 0,12990x - 0,00020x^2$	R = 0,83
	(Toropi, 15 SMP)	$y = 10,49455 + 0,12383x - 0,00018x^2$	R = 0,62
	(IAC 5, 0 SMP)	$y = 3,42451 + 0,07439x - 0,00011x^2$	R = 0,82
	(IAC 5, 1 SMP)	$y = 5,50249 + 0,09636x - 0,00016x^2$	R = 0,68
	(BH 1146, 0 SMP)	$y = 2,44244 + 0,06686x - 0,00009x^2$	R = 0,86
	(BH 1146, 1 SMP)	$y = 4,45982 + 0,10199x - 0,00017x^2$	R = 0,71

Os coeficientes de correlação, observados entre as variáveis DP, PS e PMS, com os demais parâmetros determinados na planta, apresentaram valores mais elevados em solo sob condições de acidez do que em solo com a acidez corrigida (Quadro 4). Esse fato se

deve, possivelmente, à maior dependência de plantas à adubação fosfatada em solo ácido, embora os genótipos avaliados sejam considerados tolerantes à acidez de solo, de acordo com Brauner (1979) e com Camargo & Oliveira (1981).

Quadro 3. Fósforo no tecido da parte aérea (PMS) dos três genótipos de trigo obtidos em resposta a P, em condições de acidez corrigida e não corrigida. Dados médios de três repetições

P ₂ O ₅	Toropi			IAC 5-Maringá			BH 1146		
	0 SMP	1 SMP	Média	0 SMP	1 SMP	Média	0 SMP	1 SMP	Média
mg dm ⁻³				mg kg ⁻¹					
0	1152	1410	1281	1197	1701	1449	1305	1280	1292
30	1672	1509	1590	1985	1783	1884	1880	2110	1995
60	1728	1559	1643	2280	2033	2156	1896	2314	2105
120	1961	1930	1946	2420	2391	2406	2242	2563	2402
240	2205	2121	2163	2749	2576	2662	2337	1830	2084
480	2580	2444	2512	2919	3267	3093	2887	2193	2540
Média	1883	1829	1856	2258	2292	2275	2091	2048	2070
C.V. % = 13,62									
Equações:	(Toropi)	$y = 1370,9323 + 4,8399x - 0,0052x^2$			R = 0,78				
	(IAC 5)	$y = 1626,6682 + 6,7879x - 0,079x^2$			R = 0,77				
	(BH 1146)	$y = 1632,7271 + 4,5503x - 0,0058x^2$			R = 0,33				

Quadro 4. Correlação entre as variáveis doses de P₂O₅ (DP), P no solo (PS), matéria verde (MV), matéria seca (MS) e P no tecido (PMS) da parte aérea, altura de planta (AP), número de afixos (NA) e de espigas (NE), matéria seca de raiz (MSR) e comprimento de raiz (CR). Usaram-se 54 pares de dados para cada nível de calagem

Parâmetro	PS	MV	MS	PMS	AP	NA	NE	MSR	CR
Sem calagem									
DP	0,95	0,65	0,64	0,77	0,62	0,61	0,60	0,58	0,48
PS		0,58	0,58	0,68	0,56	0,55	0,58	0,53	0,44
MV			0,98	0,63	0,94	0,90	0,76	0,92	0,88
MS				0,53	0,88	0,89	0,76	0,93	0,91
PMS					0,71	0,50	0,62	0,49	0,38
AP						0,79	0,79	0,84	0,78
NA							0,64	0,80	0,78
NE								0,71	0,67
MSR									0,97
Com calagem									
DP	0,87	0,53	0,51	0,58	0,52	0,44	0,50	0,39	0,42
PS		0,38	0,31	0,61	0,43	0,34	0,29	0,22	0,28
MV			0,97	0,38	0,95	0,91	0,89	0,91	0,90
MS				0,28	0,87	0,82	0,91	0,94	0,92
PMS					0,47	0,36	0,31	0,18	0,25
AP						0,92	0,88	0,81	0,82
NA							0,76	0,78	0,80
NE								0,80	0,77
MSR									0,97

Coefficiente de correlação < 0,28 não significativo; de 0,28 a 0,34: significativo a 5% de probabilidade; > 0,34: significativo a 1% de probabilidade.

Os parâmetros determinados na parte aérea estiveram mais correlacionados com doses e com teores de fósforo no solo, quando comparados com os parâmetros radiculares (Quadro 4). Entre esses, o parâmetro PMS apresentou os maiores índices de correlação. Quando as variáveis determinadas na planta foram correlacionadas entre si, o parâmetro PMS apresentou os menores índices de correlação.

Os parâmetros MV e MS mostraram-se mais correlacionados com os parâmetros de raiz, quando comparados com os demais, e foram, juntamente com os parâmetros PMS e AP, bem correlacionados com doses e com teores de fósforo no solo (Quadro 4). Desse modo, em experimentos de vasos, os parâmetros MV e MS podem ser utilizados para a avaliação de genótipos de trigo, em relação a fósforo no solo. A opção pelo parâmetro MS pode ser mais vantajosa, especialmente quando se trabalha com número expressivo de vasos. O uso do parâmetro MV exige, para que não se tenham variações, a colheita e a pesagem do material sob condições ambientais homogêneas, tornando-o menos prático. Ben et al. (1988), em experimentos em vasos, também indicaram o parâmetro produção de matéria seca da parte aérea da planta para expressar a resposta de genótipos de cevada à acidez de solo.

A análise da variância evidenciou efeito significativo ($P < 0,01$), para os tratamentos doses de P_2O_5 (DP), níveis de calagem (NC) e genótipos de trigo (G), sobre a produção de matéria seca da parte aérea (MS), conforme quadro 2.

A significância da interação DP x NC para o parâmetro MS ($P < 0,01$) indica reação diferenciada de genótipos de trigo a fósforo, em solo sob condições de acidez e com acidez corrigida. Os genótipos tiveram produções de matéria seca da parte aérea com a dose 30 mg de $P_2O_5 \text{ kg}^{-1}$, em solo com acidez corrigida, equivalentes àquelas obtidas com a dose 120 mg kg^{-1} , em solo sob condições de acidez (Quadro 2). Esses dados mostram que a calagem no solo estudado proporcionou aumento de, aproximadamente, quatro vezes na eficiência da adubação fosfatada. Vidor (1972) observou efeito semelhante para a produção de grãos na cultura de soja. Esse efeito da calagem na cultura

de trigo possivelmente se deva à melhoria no desenvolvimento da planta como um todo, uma vez que não se verificou influência dessa prática sobre o teor de fósforo no tecido da parte aérea (Quadro 3).

A interação DP x G, significativa para o parâmetro MS ($P < 0,01$) e para o parâmetro PMS ($P < 0,05$), indica reação diferenciada a fósforo entre os genótipos estudados (Quadros 2 e 3). O cultivar Toropi, na dose de 120 mg de $P_2O_5 \text{ kg}^{-1}$, apresentou, para os dois níveis de calagem, produção equivalente a 87% da obtida com a dose de 480 mg de $P_2O_5 \text{ kg}^{-1}$. Os cultivares IAC 5-Maringá e BH 1146 apresentaram, respectivamente, com a dose 120 mg kg^{-1} , produções, em relação às obtidas com a maior dose, equivalentes a 77 e 76%, na ausência de calagem, e a 91 e 89%, em solo corrigido. A dose de 120 mg de $P_2O_5 \text{ kg}^{-1}$, desse modo, mostrou-se adequada à condição de suprimento de fósforo, em experimentos de vasos, para o solo estudado.

Os valores relativos ao parâmetro PMS elevaram-se significativamente ($P < 0,01$) com a adição de fósforo ao solo, independentemente dos níveis de calagem, em todos os genótipos (Quadro 3). Em média, obtiveram-se os menores teores de fósforo no tecido para o 'Toropi', seguindo-se os cultivares BH 1146 e IAC 5-Maringá, evidenciando a maior eficiência do 'Toropi' na utilização desse nutriente para a produção de matéria seca da parte aérea, em relação aos demais cultivares.

O fósforo total no tecido da parte aérea, calculado a partir dos parâmetros MS (Quadro 2) e PMS (Quadro 3), revelou maior absorção desse elemento pelo 'Toropi', tendo, em média, para os tratamentos doses de P_2O_5 e para os níveis de calagem, extraído, por vaso, 33 mg de P, enquanto IAC 5-Maringá extraiu 25 mg de P e BH 1146, 20 mg de P. Ben & Rosa (1983), utilizando esses genótipos, observaram resultados semelhantes.

Os valores para a relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz (MS/MSR) elevaram-se com a adubação fosfatada, especialmente com a aplicação de 30 mg de $P_2O_5 \text{ kg}^{-1}$ (Quadro 5). Efeitos semelhantes foram observados por outros autores

Quadro 5. Relação entre as produções de matéria seca da parte aérea e da raiz (MS/MSR), em grama por vaso, dos três genótipos de trigo cultivados em diferentes doses de P_2O_5 e níveis de correção de acidez de solo

P_2O_5	Toropi			IAC 5-Maringá			BH 1146		
	0 SMP	1 SMP	Média	0 SMP	1 SMP	Média	0 SMP	1 SMP	Média
mg dm^{-3}	MS/MSR								
0	1,9	2,1	2,0	1,8	2,1	2,0	1,5	2,6	2,0
30	4,5	4,4	4,4	1,8	4,6	4,2	3,7	4,4	4,0
60	5,0	4,3	4,6	4,6	5,1	4,8	3,3	5,6	4,4
120	4,6	5,1	4,9	4,9	4,9	4,9	4,4	4,4	4,4
240	5,9	5,2	5,5	4,9	4,8	4,8	4,1	5,0	4,6
480	5,0	5,6	5,3	4,9	5,8	5,4	5,2	4,7	5,0

(Loneragan & Asher, 1967; Schenk & Barber, 1979; Anghinoni & Barber, 1980; Ben & Rosa, 1983; Ben, 1991). Esses dados mostram efeito positivo da adubação fosfatada na eficiência do sistema radicular na produção de matéria seca da parte aérea da planta, e maior adaptação da planta à condição de deficiência de fósforo no solo. Em relação à calagem, observou-se também certa elevação nos valores da relação MS/MSR com a utilização dessa prática, especialmente na ausência da adubação fosfatada (Quadros 5). Esse efeito foi inferior ao observado para a adição de fósforo ao solo.

LITERATURA CITADA

- ABICHEQUER, A.D. & BOHNEN, H. Eficiência de absorção e utilização de fósforo por variedades de trigo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 17., Passo Fundo, 1994. Resumos. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1994. p.207.
- ANGHINONI, I. & BARBER, S.A. Phosphorus influx and growth characteristics of corn roots as influenced by phosphorus supply. *Agron. J.*, Madison, 72(4):685-688, 1980.
- BEN, J.R. Resposta diferencial de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) a fósforo no solo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1989. 109p. (Tese de Doutorado)
- BEN, J.R. Response of triticale, wheat, rapeseed and lupine to phosphorus in soil. In: INTERNATIONAL TRITICALE SYMPOSIUM, 2., Passo Fundo, 1990. Proceedings. Mexico, CIMMYT, 1991. p.207.
- BEN, J.R.; PERUZZO, G. & MINELLA, E. Comportamento de alguns genótipos de cevada em relação à acidez do solo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 23(11):1315-1320, 1988.
- BEN, J.R. & ROSA, O.S. Comportamento de algumas cultivares de trigo em relação a fósforo no solo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 18(9):967-972, 1983.
- BRAUNER, J.L. Tolerância de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao alumínio e ao manganês: sua determinação, influência na concentração de nutrientes e absorção de cálcio e fósforo. Piracicaba, ESALQ-USP, 1979. 211p. (Tese de Doutorado)
- CAMARGO, C.E. de O. Efeito de diferentes níveis de fósforo em solução nutritiva e no solo no comportamento de cultivares de trigo. *Bragantia*, Campinas, 43(1):63-86, 1984.
- CAMARGO, C.E. de O. & OLIVEIRA, O.F. de. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia*, Campinas, 40:21-31, 1981.
- LONERAGAN, J.F. & ASHER, C.J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture: II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. *Soil Sci.*, Baltimore, 103(5):311-318, 1967.
- MAGALHÃES, J.C.A.J. de. Efeito de níveis de calcário e de fósforo em duas variedades de trigo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 3(1):24-29, 1979.
- MIELNICZUK, J. A calagem e a cultura do trigo. *Trigo e Soja*, Porto Alegre, (29):10-15, 1978.
- SCHENK, M.R. & BARBER, S.A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. *Agron. J.*, Madison, 71(6):921-924, 1979.
- SIQUEIRA, O.J.F. de. Calagem para o trigo no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., Campinas, 1982. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.187-215.
- SIQUEIRA, O.J.F. de; SCHERER, E.E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J.F.; TEDESCO, M.J.; MILAN, P.A. & ERNANI, P.R. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1987. 100p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, N. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, UFRGS - Faculdade de Agronomia. 1985. 188p. (Boletim técnico, 5)
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method for estimating root length. *J. Ecol.*, Oxford, 63:995-1000, 1975.
- VIDOR, C. Toxidez de alumínio e manganês e suas relações com a nodulação, rendimento e absorção de manganês por *Glycine max* (L.) Merril. Porto Alegre, UFRGS, 1972. 71p. (Dissertação de Mestrado)