

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE TRIGO (*Triticum aestivum L.*) AO ALUMÍNIO E AO MANGANÊS. VI. INFLUÊNCIA DO ALUMÍNIO E DO MANGANÊS E DO GRAU DE TOLERÂNCIA A CADA ELEMENTO NA ABSORÇÃO DO FÓSFORO \*

J.L. BRAUNER \*\*  
J.R. SARRUGE \*\*\*

*RESUMO*

Com base nos parâmetros  $V_m$  e  $K_m$  obtidos de ensaios de cinética de absorção, verificou-se a influência do Al e do Mn e do grau de tolerância de cultivares de trigo a cada um desses elementos sobre a absorção de P.

Utilizaram-se raízes destacadas de plantas com 7 dias de idade de 3 cultivares com tolerância diferencial ao Al (Sonora 63C - suscetível; Yecora - intermediária e IAS 63 - tolerante) e de 3 cultivares com tolerância diferencial ao Mn (CNT1 -

---

\* Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Entregue para publicação em 29/12/1980.

\*\* Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciol, UFPel, Pelotas, RS.

\*\*\* Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

suscetível; Sonora 63C - intermediária e IAS 55 - tolerante). Foram empregadas 10 soluções experimentais cujas concentrações de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  variaram de  $10^{-6}$  M até  $10^{-4}$  M, marcadas com  $^{32}\text{P}$ . Nos ensaios efetuados na presença de Al ou Mn, usaram-se concentrações de  $10^{-4}$  M de  $\text{AlCl}_3$  ou  $\text{MnCl}_2$ .

Concluiu-se que:

- a) a absorção de P se realiza através de um único mecanismo;
- b) na ausência ou presença de Al ou de Mn existem diferenças genéticas na absorção do P não relacionadas com o grau de tolerância aos 2 elementos;
- 2) o Al e o Mn, mais aquele do que este, estimulam a absorção do P.

## INTRODUÇÃO

Admite-se que a absorção de ânions é geralmente aumentada por muitos cátions polivalentes (RAGLAND & COLEMAN, 1962). Para o P, especificamente, FRANKLIN (1969) constatou que a sua taxa de absorção por raízes destacadas de cevada foi afetada quando elas foram submetidas a um pré-tratamento de 1 minuto com soluções de cloreto de vários cátions ou com água, obedecendo à seguinte ordem:  $\text{Fe}^{3+} = \text{Al}^{3+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Ca}^{2+} = \text{Sr}^{2+} = \text{Ba}^{2+} = \text{Mg}^{2+} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_4^+ = \text{Na}^+ = \text{Li}^+ = \text{K}^+ = \text{H}^+$ .

A influência do Al sobre a absorção do P é particularmente complexa devida à grande afinidade química entre ambos elementos. Isso foi sentido por RAGLAND & COLEMAN (1962) que produziram um dos trabalhos clássicos sobre o assunto. Esses autores usando raízes destacadas de feijão, solução de P  $2,5 \times 10^{-5}$  M marcada com  $^{32}\text{P}$ , período de absorção de 2 minutos, verificaram que o aumento na concentração de Al de 0 até  $1 \times 10^{-4}$  M produz um aumento na concentração de P nas raízes de quase

6 vezes; de  $1 \times 10^{-4}$ M até  $5 \times 10^{-4}$ M de Al a concentração de P nas raízes permanece inalterada, situando-se nesta faixa a absorção máxima de P. Na concentração de Al de  $10^{-2}$ M a absorção de P é aproximadamente igual àquela obtida no tratamento sem Al indicando que, para alguma concentração de Al situada entre  $5 \times 10^{-4}$ M e  $10^{-2}$ M a absorção de P começa a declinar. Os autores propuseram que a diminuição de absorção de P no tratamento onde a concentração de Al era de  $10^{-2}$ M foi devida à precipitação do P na forma de fosfato de alumínio, enquanto que o aumento na absorção de P observada na presença de concentrações inferiores a  $5 \times 10^{-4}$ M não pode ser atribuída à precipitação do Al na superfície das raízes.

Tem-se propugnado que a tolerância diferencial entre espécies e variedades ao Al parece estar estreitamente relacionada a uma absorção e transporte diferencial de P (FOY, 1974; BROWN *et alii*, 1972).

Procurando-se, principalmente, aumentar o nível de conhecimento a respeito dos mecanismos de tolerância ao alumínio e ao manganês, buscou-se atingir os seguintes objetivos:

a) avaliar os efeitos do Al e do Mn sobre a absorção de P de cultivares de trigo geneticamente diferentes quanto à tolerância ao Al e ao Mn;

b) verificar a influência do grau de tolerância de cultivares de trigo ao Al e ao Mn na absorção de P, na presença e ausência de Al ou Mn.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Cultivares*

Para os ensaios a seguir citados foram selecionados os seguintes cultivares, com base em BRAUNER (1979) e BRAUNER & SARRUGE (1980a e b).

- a. absorção de P na ausência e presença de Al:  
IAS 63 - tolerante ao Al;  
Yecora - tolerância intermediária;

Sonora 63C (\*) - suscetível ao Al;

b. absorção de P na ausência e presença de Mn:

IAS 55 - tolerante ao Mn;

Sonora 63C - tolerância intermediária;

CNT1 - suscetível ao Mn.

#### *Obtenção de raízes*

Procedeu-se da mesma forma conforme a descrição de BRAUNER (1979) e BRAUNER & SARRUGE (1980c), com as seguintes modificações:

a) a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas na câmara de crescimento ocorreu a uma temperatura de  $24 \pm 2,5^\circ\text{C}$ ;

b) após a germinação numa solução de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \times 10^{-4}\text{N}$ , as plântulas foram mantidas ininterruptamente durante os 7 dias na mesma solução, após o que as raízes foram seccionadas para a realização dos ensaios.

#### *Técnica experimental*

Foram usados os mesmos procedimentos adotados por BRAUNER (1979) e BRAUNER & SARRUGE (1980c), com os seguintes adicionados ou eventuais alterações:

a) as concentrações das soluções experimentais contendo P e suas respectivas atividades estão apresentadas na Tabela 1, sendo que as mesmas foram escolhidas em função dos resultados de MUNNS (1965), visando evitar a precipitação do P e do Al na forma de fosfato de alumínio;

b) o pH das soluções experimentais foi ajustado a 4,0, com uma solução de HCl 0,2N, após a realização de ensaios experimentais prévios;

---

(\*) Cultivar Sonora 63 cujas sementes foram fornecidas pelo Instituto Agronômico de Campinas.

Tabela 1 - Concentrações das soluções experimentais de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  e respectivas atividades (estimadas) no início de cada série de ensaios

SOLUÇÃO EXPERIMENTAL nº	CONCENTRAÇÃO M	ATIVIDADE uCi
1	$10^{-6}$	0,35
2	$1,2 \times 10^{-5}$	0,65
3	$2,3 \times 10^{-5}$	1,00
4	$3,4 \times 10^{-5}$	1,35
5	$4,5 \times 10^{-5}$	1,70
6	$5,6 \times 10^{-5}$	2,00
7	$6,7 \times 10^{-5}$	2,35
8	$7,8 \times 10^{-5}$	2,70
9	$8,9 \times 10^{-5}$	3,00
10	$10^{-4}$	3,35

c) a dessorção do  $^{32}\text{P}$  foi realizada com uma solução inerte de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $5 \times 10^{-5}$  M;

d) a incineração das raízes foi procedida à 450°C.

A interpretação dos resultados foi feita baseada nos parâmetros  $V_m$  e  $K_m$  conforme a descrevem BRAUNER (1979) e BRAUNER & SARRUGE (1980c), separando-se a faixa global de concentração de P em 2, conforme segue, com a finalidade de comprovar-se a existência de 2 mecanismos:

faixa 1 -  $10^{-6}$  M,  $1,2 \times 10^{-5}$  M,  $2,3 \times 10^{-5}$  M,  $3,4 \times 10^{-5}$  M e  $4,5 \times 10^{-5}$  M;  
 faixa 2 -  $5,6 \times 10^{-5}$  M,  $6,7 \times 10^{-5}$  M,  $7,8 \times 10^{-5}$  M,  $8,9 \times 10^{-5}$  M e  $10^{-4}$  M.

## RESULTADOS

Na Tabela 2, apresentam-se os valores de absorção de P

Tabela 2 - Absorção de fósforo (v) por cultivares de trigo com diferentes graus de tolerância ao alumínio em função de concentrações crescentes de fósforo (S), na presença e ausência de alumínio (médias de 4 repetições)

CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO M (S)	(v) ug P/g/h					
	IAS 63 s/A1	c/A1	YECORA s/A1	c/A1	SONORA 63C s/A1	c/A1
10 <sup>-6</sup>	38,12	49,86	30,98	55,85	34,95	47,03
1,2 x 10 <sup>-5</sup>	209,02	305,22	182,24	284,80	152,74	235,36
2,3 x 10 <sup>-5</sup>	253,02	443,37	226,42	442,58	182,27	394,36
3,4 x 10 <sup>-5</sup>	284,85	532,78	261,25	540,33	198,84	474,86
4,5 x 10 <sup>-5</sup>	301,95	672,35	265,95	642,55	202,42	669,40
5,6 x 10 <sup>-5</sup>	299,68	708,84	260,76	667,40	199,49	699,48
6,7 x 10 <sup>-5</sup>	328,68	933,47	274,67	848,96	220,13	998,61
7,8 x 10 <sup>-5</sup>	343,88	969,82	277,25	937,92	229,41	1065,28
8,9 x 10 <sup>-5</sup>	354,28	1269,90	290,13	1210,15	236,30	1336,38
10 <sup>-4</sup>	367,49	1306,04	284,18	1250,62	248,33	1167,90

dos cultivares de trigo que possuem diferentes graus de tolerância ao Al, obtidos a partir das soluções experimentais contendo concentrações crescentes de P, na ausência ou presença de Al.

Na Tabela 3, mostram-se os valores de absorção de P dos cultivares possuindo tolerância diferencial ao Mn, obtidos na ausência ou presença de Mn.

Os valores de  $t$ , resultantes da comparação dos parâmetros **a** e **b** das equações de regressão linear de cada faixa de concentração de P, para cada cultivar e condição experimental ( $s/Al$ ,  $c/Al$ ,  $s/Mn$  ou  $c/Mn$ ), não foram significativos dentro dos níveis de probabilidade admitidos, não permitindo que seja aceita a hipótese de existência de 2 mecanismos na absorção de P. Dessa forma, não tem sentido a divisão da faixa de concentração em 2 e, por conseguinte, doravante todas as considerações serão feitas na faixa global de concentração de P estudada ( $10^{-6}M$  até  $10^{-4}M$ ).

No entanto, BIELESKI (1973) em sua revisão salienta que a curva que relaciona a velocidade de absorção de P por tecidos de plantas submetidas a concentrações crescentes do mesmo elemento usualmente apresenta 2 componentes e às vezes 3 ou mais. Segundo esse pesquisador, esse fato pode significar: (a) cada componente poderia ser característico de um tipo de célula diferente que constitui o tecido complexo que está sendo estudado; (b) dois componentes poderiam resultar das 2 formas aniónicas  $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$  que podem coexistir em um dado pH fisiológico; (c) contaminação bacteriana do tecido poderia causar o aparecimento de uma 2a. fase; (d) poderiam existir 2 carregadores em uma célula, agindo juntos em paralelo no plasmalema ou separadamente, em série, no plasmalema e tonoplasto.

A análise da variância efetuada nos valores recíprocos de absorção de P ( $1/v$ ), dos 3 cultivares possuindo diferentes graus de tolerância ao Al, na ausência e presença de Al, revelou que a variação desses valores, causada pelas concentrações crescentes de P nas soluções experimentais foi altamente significativa. Foram obtidos os seguintes coeficientes de variação, para cada cultivar e condição experimental: IAS

Tabela 3 - Absorção de fósforo (v) por cultivares de trigo com diferentes graus de tolerância ao manganês em função de concentrações crescentes de fósforo (S), na presença e ausência de manganês (médias de 4 repetições)

CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO M (S)	(v) ug P/g/h			CNT1 s/Mn	c / Mn
	IAS 55 s/Mn	c/Mn	SONORA 63C s/Mn		
10 <sup>-6</sup>	29,34	48,50	34,95	48,98	33,53
1,2 x 10 <sup>-5</sup>	159,33	200,81	152,74	226,44	175,50
2,3 x 10 <sup>-5</sup>	199,10	255,22	182,27	280,22	225,28
3,4 x 10 <sup>-5</sup>	212,67	267,46	198,84	285,35	242,47
4,5 x 10 <sup>-5</sup>	240,22	273,45	202,42	312,65	252,36
5,6 x 10 <sup>-5</sup>	243,30	273,71	199,49	302,81	243,81
6,7 x 10 <sup>-5</sup>	242,51	310,19	220,13	326,32	209,97
7,8 x 10 <sup>-5</sup>	263,30	316,68	229,41	324,36	308,07
8,9 x 10 <sup>-5</sup>	257,17	327,61	236,30	343,34	311,54
10 <sup>-4</sup>	278,35	351,25	248,33	374,10	301,39

63 - s/Al = 11,96%; IAS 63 - c/Al = 13,65%; Yecora - s/Al = 17,10%; Yecora - c/Al = 24,16%; Sonora 63C - s/Al = 17,87%; Sonora 63C - c/Al = 29,30%.

Da mesma maneira, os valores recíprocos de absorção de P ( $1/v$ ) dos 3 cultivares de trigo exibindo diferentes graus de tolerância ao Mn foram afetados, ao nível de 1% de probabilidade, pelas concentrações crescentes de P, quer na ausência, quer na presença de Mn. Os coeficientes de variação de cada ensaio foram os seguintes: IAS 55 - s/Mn = 10,18%; IAS 55 - c/Mn = 8,58%; Sonora 63C - s/Mn = 17,87%; Sonora 63 C = 10,87%; CNT1 - s/Mn = 9,50%; CNT1 - c/Mn = 12,21%.

As equações de regressão linear dos cultivares apresentando diferentes graus de tolerância ao Al e ao Mn, nos dois tratamentos de Al e de Mn, estão inseridas na Tabela 4, bem como os valores de F das regressões, desvios das regressões e coeficientes de determinação. Percebe-se que todos os valores de F das regressões foram altamente significativos e somente o desvio da regressão correspondente ao cultivar IAS 63 - c/Al foi significativo ao nível de 5% de probabilidade. Esse fato sugere a possibilidade de que o cultivar IAS 63, nessa condição experimental, apresente mais de um mecanismo de absorção de P. Os elevados coeficientes de determinação apresentados na Tabela 4, superiores a 96%, indicam que a transformação de Lineweaver-Burk é um artifício válido, justificando sua utilização como um meio prático de estimativa dos parâmetros Vm e Km.

A partir dos valores a e b das equações de regressão linear mostrados na Tabela 4, obtiveram-se os parâmetros Vm e Km apresentados na Tabela 5 e que quantificam a absorção de P efetuada pelos cultivares estudados, nas várias condições experimentais.

## DISCUSSÃO

### *Diferenças genéticas na absorção de fósforo na ausência de alumínio e de manganês*

A partir dos valores de t obtidos na comparação dos parâmetros a e b de pares de equação de regressão linear, mas

Tabela 4 - Equações de regressão linear dos valores recíprocos de absorção de fósforo (1/v) com função dos valores recíprocos de concentração de fósforo (1/S), obtidos na presença e ausência de alumínio e manganes, dos cultivos de trigo com diferentes graus de tolerância ao alumínio e ao manganes e respectivos valores de F (regressão e desvio da regressão) e coeficientes de determinação

CULTIVAR	TRATA- MENTO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	F		REGRESSÃO DESVIO DA REGRESSÃO	$r^2$ %
IAS 63	s/Al	Y=0,002742+0,2357.10 <sup>-7</sup> X	4124	,40**	0,23NS	99,23
	c/Al	Y=0,001018+0,1915.10 <sup>-7</sup> X	5819	,64**	2,83*	99,10
Yecora	s/Al	Y=0,003153+0,2939.10 <sup>-7</sup> X	2177	,98**	0,03NS	98,63
	c/Al	Y=0,001133+0,1710.10 <sup>-7</sup> X	1611	,75**	1,40NS	97,50
Sonora 63C	s/Al ou Mn	Y=0,004260+0,2479.10 <sup>-7</sup> X	1221	,06**	0,16NS	97,50
	c/Al	Y=0,001140+0,2064.10 <sup>-7</sup> X	1234	,16**	1,60NS	96,65
	c/Mn	Y=0,002810+0,1773.10 <sup>-7</sup> X	3617	,03**	0,32NS	99,11
IAS 55	s/Mn	Y=0,003560+0,3066.10 <sup>-7</sup> X	5701	,91**	0,19NS	99,45
	c/Mn	Y=0,003096+0,1761.10 <sup>-7</sup> X	5152	,94**	1,28NS	99,22
CNT1	s/Mn	Y=0,003408+0,2648.10 <sup>-7</sup> X	5912	,89**	2,07NS	99,22
	c/Mn	Y=0,002879+0,1828.10 <sup>-7</sup> X	2888	,79**	0,50NS	98,84

NS - Não significativo - \* Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* - Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 5 - Valores de  $V_m$  e  $K_m$  de absorção de fósforo dos cultivares de trigo com diferentes graus de tolerância ao alumínio e ao manganês, obtidos na presença e ausência de alumínio e de manganês

CULTIVAR	TRATAMENTO	$V_m$ ug P/g/h	$K_m$ M
IAS 63	s/A1	364,70	$8,60 \times 10^{-6}$
IAS 63	c/A1	982,32	$1,88 \times 10^{-5}$
Yecora	s/A1	317,16	$9,32 \times 10^{-6}$
Yecora	c/A1	882,61	$1,51 \times 10^{-5}$
Sonora 63C	s/A1 e Mn	234,74	$5,82 \times 10^{-6}$
Sonora 63C	c/A1	877,19	$1,81 \times 10^{-5}$
Sonora 63C	s/Mn	355,87	$6,31 \times 10^{-6}$
IAS 55	s/Mn	280,90	$8,61 \times 10^{-6}$
IAS 55	c/Mn	323,00	$5,69 \times 10^{-6}$
CNT1	s/Mn	293,43	$7,77 \times 10^{-6}$
CNT1	c/Mn	347,34	$6,34 \times 10^{-6}$

cujas médias possuam variâncias homogêneas, conforme a técnica utilizada e descrita por BRAUNER (1979) e BRAUNER & SARRUGE (1980c), obtiveram as seguintes relações entre os parâmetros  $V_m$  e  $K_m$ .

CNT1 (s/Mn)	$V_m(293,43)$ $K_m(7,77 \times 10^{-6})$	VNH	$V_m(364,70)$ $K_m(8,60 \times 10^{-6})$	IAS 63 (s/A1)
CNT1 (s/Mn)	$V_m(293,43)$ $K_m(7,77 \times 10^{-6})$	>	$V_m(234,74)$ $K_m(5,82 \times 10^{-6})$	Son 63C (s/A1 ou Mn)
CNT1 (s/Mn)	$V_m(293,43)$ $K_m(7,77 \times 10^{-6})$	VNH	$V_m(317,16)$ $K_m(9,32 \times 10^{-6})$	Yecora (s/A1)
CNT1 (s/Mn)	$V_m(293,43)$ $K_m(7,77 \times 10^{-6})$	VNH	$V_m(280,90)$ $K_m(8,61 \times 10^{-6})$	IAS 55 (s/Mn)
IAS 63 (s/A1)	$V_m(364,70)$ $K_m(8,60 \times 10^{-6})$	>	$V_m(234,74)$ $K_m(5,82 \times 10^{-6})$	Son 63C (s/A1 ou Mn)

IAS 63 (s/A1)	$V_m(364,70) > V_m(317,16)$ $K_m(8,60 \times 10^{-6}) =? K_m(9,32 \times 10^{-6})$	Yecora (s/A1)
IAS 63 (s/A1)	$V_m(367,70) > V_m(280,90)$ $K_m(8,60 \times 10^{-6}) =? K_m(8,61 \times 10^{-6})$	IAS 55 (s/Mn)
Son 63C (s/A1 ou Mn)	$V_m(234,74) V_{NH}$ $K_m(5,82 \times 10^{-6}) V_m(317,16)$ $K_m(9,32 \times 10^{-6})$	Yecora (s/A1)
Son 63C (s/A1 ou Mn)	$V_m(234,74) = V_m(280,90)$ $K_m(5,82 \times 10^{-6}) < K_m(8,61 \times 10^{-6})$	IAS 55 (s/Mn)
Yecora (s/A1)	$V_m(317,16) > K_m(280,90)$ $K_m(9,32 \times 10^{-6}) =? K_m(8,61 \times 10^{-6})$	IAS 55 (s/Mn)

As comparações efetuadas entre os pares de cultivares permitem destacar algumas diferenças, quanto ao parâmetro  $V_m$  e  $K_m$ , dentro dos níveis de probabilidade adotados (1%, 5% e 20%).

O cultivar IAS 63 possui um valor de  $V_m$  superior aos valores de  $V_m$  dos cultivares Sonora 63C, Yecora e IAS 55, embora seja possível que, com relação ao  $K_m$ , este seja superior ao que apresenta o cultivar Sonora 63C. Isso indica que, embora o cultivar IAS 63 possua maior velocidade de absorção de P do que o cultivar Sonora 63C, seu carregador possui menor afinidade pelo P.

O cultivar CNT1 possui um valor de  $V_m$  mais elevado do que o cultivar Sonora 63C, embora, a exemplo do que ocorreu com o cultivar IAS 63, seja possível que a afinidade de seu carregador seja inferior a que possui o cultivar Sonora 63C.

O cultivar Yecora também possui velocidade de absorção de P maior do que a velocidade de absorção do cultivar IAS 55.

Ainda que os valores de  $V_m$  dos cultivares Sonora 63C e IAS 55 não sejam diferentes, o primeiro cultivar ci-

tada apresenta um Km inferior ao que apresenta o cultivar IAS 55, o que caracteriza uma maior afinidade de seu carregador.

Admitindo que essas diferenças sejam de natureza genética, não se vislumbra nenhuma ligação com tolerância a Al ou Mn.

#### *Influência do alumínio na absorção de fósforo.*

Constatou-se que as variâncias das médias componentes dos pares que interessam (IAS 63 - s/Al x IAS 63 - c/Al, Yecora - s/Al x Yecora - c/Al e Sonora 63C - s/Al x Sonora 63C - c/Al) não foram homogêneas e, portanto, não foi possível estabelecerem-se comparações entre os parâmetros **a** e **b** de cada equação de regressão linear correspondente a cada um dos componentes dos citados pares.

Não obstante, através da Tabela 2, percebe-se sem nenhuma possibilidade de dúvida, que o Al promoveu um aumento na absorção do P de cada cultivar. Esse fenômeno foi constatado por muitos pesquisadores nos últimos anos e foi muito bem estudado por RAGLAND & COLEMAN (1962).

#### *Influência do manganês na absorção do fósforo.*

Foram obtidas as seguintes relações entre os parâmetros Vm e Km dos 3 cultivares testados, na ausência e presença de Mn:

IAS 55 (s/Mn)	Vm (280,90) < Vm(323,00) Km( $8,61 \times 10^{-6}$ ) >? Km( $5,69 \times 10^{-6}$ )	IAS 55 (c/Mn)
Son 63C (s/Mn)	Vm(234,74) < Vm(355,87) Km( $5,82 \times 10^{-6}$ ) =? Km( $6,31 \times 10^{-6}$ )	Son 63C (c/Mn)
CNT1 (s/Mn)	Vm(293,43) VNH Vm(347,34) Km( $7,77 \times 10^{-6}$ ) Km( $6,34 \times 10^{-6}$ )	CNT1 (c/Mn)

Pelo menos para os cultivares IAS 55 e Sonora 63C, o Mn exerceu um efeito sinérgico sobre a absorção de P, na presença de Mn os parâmetros Vm de ambos os cultívres foram aumentados.

Embora não se possa fazer uma apreciação estatística para o cultivar CNT1, os dados de velocidade de absorção de P nas várias concentrações de P estudadas, na ausência e presença de Mn, apresentados na Tabela 3, demonstram que o Mn também propiciou um efeito de sinergismo sobre a absorção de P.

*Diferenças genéticas na absorção de fósforo na presença de alumínio.*

Os parâmetros  $V_m$  e  $K_m$  dos pares que interessam comportam-se do seguinte modo:

IAS 63 (c/A1)	$V_m(982,32) = V_m(882,61)$ $K_m(1,88 \times 10^{-5}) > K_m(1,51 \times 10^{-5})$	Yecora (c/A1)
IAS 63 (c/A1)	$V_m(982,32) = V_m(877,19)$ $K_m(1,88 \times 10^{-5}) > K_m(1,81 \times 10^{-5})$	Son 63C (c/A1)
Yecora (c/A1)	$V_m(882,61) = V_m(877,19)$ $K_m(1,51 \times 10^{-5}) < K_m(1,81 \times 10^{-5})$	Son 63C (c/A1)

Nessa condição experimental, constata-se que as velocidades máximas de absorção de P não foram diferentes nos 3 cultivares.

Contudo, os cultivares IAS 63 e Sonora 63C possuem carregadores com menor afinidade pelo P do que o carregador do cultivar Yecora. Da mesma forma, a afinidade do carregador do cultivar Sonora 63C foi maior do que a do cultivar IAS 63.

Essas diferenças de possível natureza genética não sugerem qualquer relação com o mecanismo de tolerância apresentado pelos cultivares IAS 63 e Yecora.

*Diferenças genéticas na absorção de fósforo na presença de manganês*

Foram verificadas as seguintes relações entre os parâmetros  $V_m$  e  $K_m$  nas comparações de interesse:

IAS 55 (c/Mn)	$V_m(323,00)$ $K_m(5,69 \times 10^{-6})$	$< V_m(355,87)$ $= K_m(6,31 \times 10^{-6})$	Son 63C (c/Mn)
IAS 55 (c/Mn)	$V_m(323,00)$ $K_m(5,69 \times 10^{-6})$	$= V_m(347,34)$ $< K_m(6,34 \times 10^{-6})$	CNT1 (c/Mn)
Son 63C (c/Mn)	$V_m(355,87)$ $K_m(6,31 \times 10^{-6})$	$= V_m(347,34)$ $< K_m(6,34 \times 10^{-6})$	CNT1 (c/Mn)

Na presença de Mn, o cultivar Sonora 63C manifestou uma maior eficiência na absorção de P do que o cultivar IAS 55, conforme indicam as diferenças verificadas nos seus valores de  $V_m$ .

O cultivar CNT1 apresentou um valor de  $K_m$  superior aos valores exibidos pelos cultivares IAS 55 e Sonora 63C, demonstrando que seu carregador tem menor afinidade pelo P, na presença de Mn, do que os carregadores dos cultivares IAS 55 e sonora 63C. Essa evidência sugere a existência de alguma relação entre a absorção de fósforo com o grau de tolerância ao Mn apresentando por esses cultivares.

#### *Efeitos comparativos do alumínio e do manganês na absorção do fósforo*

As variâncias das médias obtidas nos ensaios de absorção de P dos tratamentos Sonora 63C - c/Al e Sonora 63C-c/Mn não são homogêneas e, portanto, não foi possível utilizar-se o teste t para comparação dos parâmetros a e b das equações de regressão linear dos referidos tratamentos. Entretanto, observando-se as tendências das tabelas 2 e 3 e comparando - se a magnitude dos efeitos do Al e do Mn sobre a absorção do P dos vários cultivares e mais especificamente do cultivar Sonora 63C, percebe-se que o Al induziu um maior aumento na absorção do P do que o Mn.

Essa constatação está de acordo com os resultados obtidos por FRANKLIN (1969), que demonstrou que, quanto maior a valência do cátion, maior é o efeito estimulatório do mesmo sobre a absorção do P pelas raízes. FRANKLIN (1970) desenvolveu uma teoria para explicar as causas determinantes desses

efeitos. Segundo ele, o aumento na absorção de P associado à substituição de um cátion de menor valência por outro de maior valência nas paredes celulares será governado por 2 fatores: (a) tamanho dos poros e (b) densidade de carga elétrica negativa dos poros. Quanto maior a densidade de carga elétrica negativa existente na superfície das membranas, maior será a diminuição da absorção do íon  $H_2PO_4^-$  e, com relação aos cátions  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Al^{3+}$ , essa densidade diminuirá na ordem  $K^+ > Ca^{2+} > Al^{3+}$ .

## CONCLUSÕES

As seguintes foram possíveis:

- a) a absorção de P se realiza através de um único mecanismo;
- b) na ausência ou presença de Al ou de Mn existem diferenças genéticas na absorção do P não relacionadas com o grau de tolerância aos 2 elementos;
- c) o Al e o Mn, mais aquele do que este, estimulam a absorção do P.

## AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, pela cessão de  $^{32}P$  e utilização de equipamentos.

## SUMMARY

ALUMINUM AND MAGANESE TOLERANCE ON WHEAT (*Triticum aestivum L.*) CULTIVARS. VI. Al AND Mn INFLUENCE AND TOLERANCE DEGREE TO EACH ELEMENT IN THE P UPTAKE

The influence of Al, Mn and differential tolerance to those elements in the P uptake were studied on excised roots of wheat seedlings by using Michaelis-Menten kinetics.

The cultivars were Sonora 63C, Yecora and IAS 63, respectively, suscetible, intermediate and tolerant to Al; and CNT1, Sonora 63C and IAS 55, respectively, suscetible, intermediate and tolerant to Mn. Labelled  $^{32}\text{P}$  solutions of  $\text{CaCl}_2$  ranged from  $10^{-6}\text{M}$  to  $10^{-4}\text{M}$ . Solutions of  $\text{AlCl}_3$  and  $\text{MnCl}_2$  were  $10^{-4}\text{M}$ .

The following conclusions reached:

- a) P uptake is realized through one mechanism;
- b) there are genetic differences in the P uptake, in the presence or absence of Al or Mn, without relations to tolerance of these elements;
- c) both Al and Mn increase P uptake but the Al stimulated more than Mn.

#### LITERATURA CITADA

BIELESKI, J.L., 1972. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 225-252.

BRAUNER, J.L., 1979. 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 de fósforo. Tese de Doutoramento, E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP., 211p.

BRAUNER, J.L.; SARRUGE, J.R., 1980a. Tolerância de cultivares de trigo (*Triticum aestivum L.*) ao alumínio e ao manganês. I. Determinação da tolerância ao alumínio. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" 37: 805-823.

BRAUNER, J.L.; SARRUGE, J.R., 1980b. Tolerância de cultivares de trigo (*Triticum aestivum L.*) ao alumínio e ao manganês. II. Determinação da tolerância ao manganês. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" 37: 825-835.

BRAUNER, J.L.; SARRUGE, J.R., 1980c. Tolerância de cultiva-

res de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao alumínio e ao manganês. V. Influência do alumínio e do manganês e do grau de tolerância a cada elemento na absorção de cálcio. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" **37**: 865-894.

BROWN, J.C.; AMBLER, J.E.; CHANEY, R.L.; FOY, C. D., 1972. Differential responses of plant genotypes to micronutrients. In: BRAUNER, R.C., ed. *Micronutrients in agriculture*, Madison, Soil Sci. Soc. Amer. Inc., p.389-418.

FOY, C.D., 1974. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W., ed. *The plant-root and its environments*, Charlottesville, University Press of Virginia, p.601-642.

FRANKLIN, R.E., 1969. Effect of adsorbed cations on phosphorus uptake by excised roots. *Plant Physiol.* **44**: 697-700.

FRANKLIN, R.E., 1970. Effect of adsorbed cations on phosphorus absorption by various plant species. *Agron. J.* **62**:214-216.

MUNNS, D.N., 1965. Soil acidity and growth of a legume. II. Reactions of aluminum and phosphate solutions and effect of aluminum, phosphate, calcium, and pH on *Medicago sativa* L. and *Trifolium subterraneum* L. in solution culture. *Aust. J. Agric. Res.* **16**: 743.755.

RAGLAND, J.L.; COLEMAN, N.T., 1962. Influence of aluminum, on phosphorus uptake by snap roots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **26**: 88-90.