

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES 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 *

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 Ca.

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 à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelo primeiro autor para obtenção do grau de Doutor em Agronomia. Entregue para publicação em 29/12/1980.

** Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, 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 CaCl variaram de $5 \times 10^{-6} \text{M}$ até $2,56 \times 10^{-3} \text{M}$, marcadas com ^{45}Ca . Nos ensaios efetuados na presença de Al ou Mn, usaram-se concentrações de 10^{-4}M de AlCl_3 ou MnCl_2 .

Os resultados propiciaram as seguintes conclusões:

- a) a absorção de Ca se realiza através de 2 mecanismos, um operativo na faixa 1 de concentração de Ca ($5 \times 10^{-6} \text{M}$ - $8 \times 10^{-5} \text{M}$) e outro na faixa 2 de concentração ($1,6 \times 10^{-4} \text{M}$ - $2,56 \times 10^{-3} \text{M}$);
- b) na faixa 1 de concentração de Ca a Al e o Mn inibem a absorção do Ca e na faixa 2 inibem ou estimulam a absorção dependendo do cultivar;
- c) na ausência de Al ou de Mn existem diferenças genéticas na absorção de Ca somente na faixa 2 de concentração de Ca e estas não estão relacionadas com o grau de tolerância ao Al e ao Mn;
- d) na presença de Al não existem diferenças genéticas na absorção do Ca na faixa 1 de concentração de Ca, porém existem relacionadas ao grau de tolerância ao Al na faixa 2;
- e) na presença de Mn existem diferenças genéticas na absorção de Ca em ambas as faixas, porém somente na faixa 1 relacionadas ao grau de tolerância ao Mn.

INTRODUÇÃO

Existe uma quantidade bastante grande de estudos a respeito de influência do Ca sobre a absorção de vários cátions, porém pouco é conhecido sobre as relações inversas, sendo importante, portanto, verificar como esses cátions afetam a absorção de Ca (MASS, 1969).

Com relação à influência do Al sobre a absorção do Ca, existem algumas investigações, porém os resultados são discordantes, e por isso, não suficientemente esclarecedores. JOHNSON & JACKSON (1964), trabalhando com raízes destacadas de plantas de trigo com 6 dias de idade, verificaram que o Al inibiu a absorção do Ca e que essa inibição não foi superada pelo aumento da concentração de cálcio nas soluções experimentais. Por outro lado, LANCE & PEARSON (1969) constataram que a diminuição na absorção de Ca por raízes de plantas de algodão com 8 dias de idade, ocasionada por uma concentração de 0,30 ppm de Al foi prevenida, aumentando a concentração de Ca na solução.

Não foram encontradas na literatura referências específicas sobre efeitos do Mn sobre a absorção de Ca.

Conforme salientaram CACCO *et alii* (1976), citando EPSTEIN & JEFFERIES, tem sido demonstrado que existe uma variabilidade genética na eficiência da absorção iônica das várias espécies estudadas. Embora a maioria das citações sobre variações na capacidade de absorção de nutrientes tenham sido baseadas em observações de plantas intatas em condições de campo, CACCO *et alii* (1976) acentuam que os estudos de cinética de absorção iônica efetuados com raízes imersas em solução nutritiva podem dar indicações sobre o comportamento da planta frente a problemas de toxidez ou deficiência de determinados íons. FOY (1974) e BROWN *et alii* (1972) asseguram a tolerância genética variável ao Al existente entre variedades e espécies parece estar estreitamente relacionada a uma absorção e transporte diferencial do Ca.

Esse estudo foi realizado tendo-se em vista os seguintes objetivos:

- a) avaliar os efeitos do Al e do Mn sobre absorção de Ca 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 Ca, 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 Ca na ausência e presença de Al:
IAS 63 - tolerante ao Al;
Yecora - tolerância intermediária;
Sonora 63C (*) - suscetível ao Al.
- b. absorção de Ca na ausência e presença de Mn:
IAS 55 - tolerante ao Mn;
Sonora 73C - tolerância intermediária;
CNT1 - suscetível ao Mn.

Obtenção de raízes

Duzentas e cinquenta a trezentas sementes, dependendo do cultivar, desinfectados com um produto comercial à base de dissulfeto de tetrametiluram (Thiram), foram espalhadas sobre um pedaço de gaze esterilizada, com 14 cm de comprimento e 10 cm de largura, assentado sobre uma tela de aço inoxidável. Sobre as sementes colocou-se outro pedaço de gaze, 10 cm x 10 cm, molhando-se as sementes e a gaze com água destilada. O conjunto foi suspenso sobre um recipiente contendo 2 li

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

tros de uma solução de CaSO_4 $2 \times 10^{-4}\text{M}$, de tal modo que as extremidades da gaze ficavam imersas na solução, a qual foi arejada continuamente.

A germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas ocorreu em uma câmara escura, a uma temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$.

Todo material utilizado para germinação das sementes e desenvolvimento das plântulas em cada ensaio, foi desinfetado com um produto comercial apresentando 5,2% de cloro ativo. A câmara utilizada para o crescimento das plântulas sofreu o mesmo tratamento ao ser iniciado o trabalho.

Foram usadas raízes de plântulas com 7 dias de idade, contados a partir do momento da colocação das sementes para germinar. A solução de CaSO_4 $2 \times 10^{-4}\text{M}$ foi substituída por água destilada 24 horas antes do início do ensaio.

Técnica experimental

As raízes seccionadas 0,5 - 1,0 cm abaixo da tela e lavadas com 3 porções de água desmineralizada.

Transferiram-se 1,5 g de raízes, parcialmente enxutas por papel absorvente, para cada um de uma série de 10 frascos de Erlenmeyer de 700 ml, contendo 495 ml de água desmineralizada, possuindo uma temperatura de 30°C , a qual foi mantida durante todo o ensaio, graças a um banho-maria de temperatura controlada. Ao conteúdo de cada frasco Erlenmeyer foram adicionados 5 ml de soluções de CaCl_2 , possuindo concentrações e atividades radioativas capazes de fornecer às soluções experimentais que banhavam as raízes as concentrações e atividades apresentadas na Tabela 1.

Nos ensaios realizados para quantificar a influência do Al e do Mn na absorção do Ca, foram adicionados 1 ml de soluções $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ou $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, de modo a fornecer às soluções experimentais concentrações de 10^{-4}M dos referidos sais.

Devido ao fenômeno de hidrólise do Al em solução, foram conduzidos ensaios preliminares visando determinar os vo-

lumes de uma solução de HCl 0,2N necessários para estabelecer nas soluções experimentais dos ensaios realizados na ausência de Al e também na presença de Mn, valores de Ph aproximadamente iguais aos que apresentavam as soluções experimentais dos ensaios realizados com Al, Dessa forma, os ensaios de absorção de Ca foram realizados com as soluções experimentais apresentando valores de pH próximos a 4,5.

Tabela 1 - Concentrações das soluções experimentais de CaCl_2 e respectivas atividades (estimadas) no início de cada série de ensaios

SOLUÇÃO EXPERIMENTAL nº	CONCENTRAÇÃO M	ATIVIDADE uCi
1	5×10^{-6}	0,1
2	10^{-5}	0,2
3	2×10^{-5}	0,3
4	4×10^{-5}	0,4
5	8×10^{-5}	0,6
6	$1,6 \times 10^{-4}$	1,2
7	$3,2 \times 10^{-4}$	1,8
8	$6,4 \times 10^{-4}$	3,2
9	$1,28 \times 10^{-3}$	6,0
10	$2,56 \times 10^{-3}$	12,0

As soluções de $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ e HCl 0,2N foram adicionadas a cada frasco 30 segundos antes da adição dos volumes das soluções experimentais de CaCl_2 .

O período de absorção adotado foi de 1 hora, após o qual as soluções experimentais foram aspiradas, através de uma trompa de vácuo, e as raízes foram lavadas sucessivamente com 3 porções de solução inerte de CaCl_2 $2,56 \times 10^{-3}\text{M}$, com temperatura inferior a 10°C . Após, foram deixadas imersas em cerca de 300 ml da mesma solução durante 30 minutos. Foram lavadas com água corrente de torneira durante 30 segundos e com água destilada durante 15 segundos.

As raízes foram secadas a uma temperatura de 70-80°C, pesadas até a quarta casa decimal e incineradas a temperatura de 500°C.

As cinzas foram dissolvidas com 1 ml de solução de HCl 0,01N e 0,9 ml de cada extrato foram transferidos para plaquetas de alumínio com o fundo umedecido com álcool etílico. Foram adicionadas 2 gotas de uma solução de H₂SO₄ 0,01N e secados sob luz infravermelha.

A determinação da radioatividade foi feita por meio de um sistema de detecção e contagem Geiger-Müller.

Cada ensaio foi repetido 4 vezes.

Para interpretação dos resultados adotou-se a teoria do carregador e aceitou-se que a hipérbole resultante da relação entre as velocidades de absorção iônica e as concentrações de Ca é descrita pela equação de Michaelis e Menten (HIGINBOTHAN, 1973).

Conforme foi descrito por CRUZ *et alii* (1974), os parâmetros V_m e K_m foram obtidos pela transformação de Lineweaver-Burk, através da qual os inversos da equação de Michaelis e Menten dão como resultado a seguinte equação:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{V_m} + \frac{K_m}{V_m} \cdot \frac{1}{S}$$

Essa é a equação de linha reta de tal modo que:

$$\frac{1}{v} = y; a = \frac{1}{V_m}; b = \frac{K_m}{V_m} \text{ ex } = \frac{1}{S}$$

Devido à possibilidade de existência de dois mecanismos, conforme o modelo duplo proposto por EPSTEIN (1966), a faixa global de concentração de Ca foi arbitrariamente subdividida em 2 faixas como segue:

faixa 1 - 5x10⁻⁶M, 10⁻⁵M, 2x10⁻⁵M, 4x10⁻⁵M e 8x10⁻⁵M;
faixa 2 - 6x10⁻⁴M, 3,2x10⁻⁴M, 6,4x10⁻⁴M, 1,28x10⁻³M e 2,56x10⁻³M.

Em cada uma das faixas de concentração de Ca de cada en

saio procedeu-se a uma análise da variância e de regressão linear invertendo-se os valores de v e S , sendo que os parâmetros a e b de pares de equação foram comparados pelo teste t , obedecendo-se à metodologia descrita por CRUZ *et alii* (1974) e SARRUGE *et alii* (1973).

O estabelecimento da igualdade ou não de dois valores de V_m (V_{m1} e V_{m2}) e dois valores de K_m (K_{m1} e K_{m2}), a partir das comparações a_1 e a_2 e b_1 e b_2 de um par de equações lineares, de acordo com o teste t , foi feita obedecendo as relações apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Possíveis relações entre os valores a_1 e a_2 e b_1 e b_2 de pares de equações lineares determinantes de igualdade ou não entre os parâmetros V_{m1} e V_{m2} e K_{m1} e K_{m2}

a_1 e a_2	b_1 e b_2	V_{m1} e V_{m2}	K_{m1} e K_{m2}
=	=	=	=
≠	≠	≠	$K_{m1} = K_{m2}$ ou $K_{m1} \neq K_{m2}$
=	≠	=	≠
≠	=	≠	≠

RESULTADOS

Na Tabela 3 são apresentados os valores da velocidade de absorção de Ca das raízes destacadas das plantas de cultivares de trigo, manifestando diferenças de tolerância quanto ao Al, quando imersas em soluções possuindo concentrações crescentes de Ca, na ausência e presença de Al.

As análises de variância feitas nos valores inversos ($1/v$) de velocidade de absorção de Ca dos 3 cultivares, referentes às duas faixas de concentração de Ca estudadas ($5 \times 10^{-6}M$ até $8 \times 10^{-5}M$ e $1,6 \times 10^{-4}M$ até $2,56 \times 10^{-3}M$), na presença ou ausência de Al revelaram valores de F altamente sig-

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

CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO M (S)	(v) ug Ca/g/h					
	IAS 63		YECORA		SONORA 63C	
	s/Al	c/Al	s/Al	c/Al	s/Al	c/Al
5 x 10 ⁻⁶	30,64	7,35	30,44	8,24	25,17	6,61
10 ⁻⁵	33,77	10,29	37,36	12,71	27,87	8,45
2 x 10 ⁻⁵	48,52	17,98	52,68	24,54	48,72	15,91
4 x 10 ⁻⁵	60,75	35,83	52,62	44,44	63,83	26,45
8 x 10 ⁻⁵	73,22	50,98	84,24	68,38	67,28	47,76
1,6 x 10 ⁻⁴	82,74	79,43	118,42	98,66	84,12	58,52
3,2 x 10 ⁻⁴	104,56	113,93	120,59	136,27	110,97	105,98
6,4 x 10 ⁻⁴	127,36	179,93	162,74	224,38	133,25	143,85
1,28 x 10 ⁻³	171,62	189,03	208,46	241,82	191,99	183,49
2,56 x 10 ⁻³	223,52	231,00	233,71	266,22	188,75	186,52

nificativos, ao nível de pelo menos 1% de significância, indicando que as velocidades de absorção de Ca aumentaram à medida que aumentaram as concentrações de Ca das soluções, nas várias condições experimentais, como era previsível. Os coeficientes de variação que indicam a precisão dos ensaios foram os seguintes: IAS 63-s/Al - faixa 1 = 10,55%; IAS 63-s/Al - faixa 2 = 13,97%; IAS 63-c/Al - faixa 1 = 29,20%; IAS 63-c/Al - faixa 2 = 11,05%; Yecora - s/Al - faixa 1 = 17,88%; Yecora-s/Al - faixa 2 = 18,76%; Yecora-c/Al - faixa 1 = 14,09%; Yecora-c/Al - faixa 2 = 13,66%; Sonora 63C-s/Al - faixa 1 = 24,72%; Sonora 63C-s/Al - faixa 2 = 18,67%; Sonora 63C-c/Al - faixa 1 = 29,24%; Sonora 63C-c/Al - faixa 2 = 21,26%. Embora não se possa identificar a maioria dos fatores causadores dessa variação, pode-se indicar o fator varietal como um dos responsáveis, pois os coeficientes de variação dos experimentos realizados com o cultivar Sonora 63C, comparativamente, foram maiores do que os coeficientes de variação dos demais cultivares, em condições similares.

Na Tabela 4 se vêem os valores de velocidade da absorção de Ca obtidos por cultivares de trigo, com diferentes graus de tolerância ao Mn na presença ou ausência do citado elemento.

As análises da variância realizadas nos resultados de absorção de Ca dos cultivares IAS 55, Sonora 63C e CNT1, na presença ou ausência de Mn, nas duas faixas de concentração de Ca, revelaram que os valores de F obtidos foram significativos ao nível, de pelo menos, 1% de probabilidade.

Os coeficientes de variação de cada condição experimental foram os seguintes: IAS 55-s/Mn - faixa 1 = 13,79%; IAS 55-s/Mn - faixa 2 = 10,17%; IAS 55-c/Mn - faixa 1 = 20,01%; IAS 55-c/Mn - faixa 2 = 10,81%; Sonora 63C-s/Mn - faixa 1 = 24,72%; Sonora 63C-s/Mn - faixa 2 = 18,67%; Sonora 63C-c/Mn - faixa 1 = 33,57%; Sonora 63C-c/Mn - faixa 2 = 14,03%; CNT1 - s/Mn - faixa 1 = 22,62%; CNT1-s/Mn - faixa 2 = 12,85%; CNT1-c/Mn - faixa 1 = 20,99%; CNT1-c/Mn - faixa 2 = 5,90%. Comparando-se esses valores entre cultivares, e para condições experimentais similares, verifica-se que os experimentos de menor precisão foram aqueles realizados com o cultivar Sonora 63C.

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

CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO M (S)	(v) ug Ca/g/h					
	IAS 55		Sonora 63C		CNT1	
	s/Mn	c/Mn	s/Mn	c/Mn	s/Mn	c/Mn
5 x 10 ⁻⁶	33,75	10,90	25,17	9,03	29,00	7,08
10 ⁻⁵	42,20	12,90	27,87	11,52	35,51	11,51
2 x 10 ⁻⁵	53,54	21,00	48,72	17,64	49,80	23,54
4 x 10 ⁻⁵	75,51	31,61	63,83	25,88	61,35	30,52
8 x 10 ⁻⁵	76,52	43,70	67,28	33,53	75,06	41,73
1,6 x 10 ⁻⁴	90,75	72,77	84,12	52,53	113,40	66,79
3,2 x 10 ⁻⁴	128,57	90,56	110,97	78,48	114,22	115,28
6,4 x 10 ⁻⁴	167,68	159,96	133,25	121,36	152,58	152,65
1,28 x 10 ⁻³	224,65	190,76	191,99	169,52	199,66	202,12
2,56 x 10 ⁻³	239,00	243,69	188,75	174,57	194,11	212,24

Na Tabela 5 são apresentadas as equações de regressão linear dos valores recíprocos de velocidade de absorção de Ca ($1/v$) em função dos valores recíprocos de concentração de Ca ($1/S$), correspondentes aos 3 cultivares de trigo, nas 2 faixas de concentração de Ca e na presença ou ausência de Al.

Verifica-se, na Tabela 5, que a linha reta exprime bem a relação existente entre as duas variáveis ($1/v$ e $1/S$), pois os valores de F referentes a cada regressão linear obtida foram significativos ao nível de 1% de probabilidade. Não obstante, os valores de F para os desvios da regressão correspondentes a IAS 63-s/Al - faixa de concentração de Ca 5×10^{-5} M até 8×10^{-5} M e, Yecora-s/Al - faixa de concentração de Ca $1,6 \times 10^{-4}$ M até $2,56 \times 10^{-3}$ M foram significativos ao nível de, pelo menos, 5% de probabilidade. Isso significa que existe uma outra equação de maior grau que se ajusta melhor do que a equação do 1º grau às variáveis estudadas, nas referidas situações experimentais.

Os coeficientes de determinação das equações de regressão linear da Tabela 5 foram superiores a 90%, com exceção de 3 casos, e os valores de F das equações de regressão linear, que foram altamente significativas em todos os casos, justificam o emprego da transformação de Lineweaver-Burk para obtenção dos parâmetros V_m e K_m .

Na Tabela 6 são mostradas as equações de regressão linear obtidas para as várias situações experimentais as quais foram submetidas os cultivares IAS 55, Sonora 63C e CNT1, bem como os valores de F, referentes as regressões lineares e desvios das regressões e coeficientes de determinação.

Analisando-se os dados da Tabela 6, constata-se que todos os valores de F, relativos às regressões lineares são significativos, enquanto que os valores de F para os desvios das regressões dos cultivares IAS 55-c/Mn, nas duas faixas de concentração de Ca e CNT1-s/Mn, na faixa de concentração de Ca correspondente a $1,6 \times 10^{-4}$ M até $2,56 \times 10^{-3}$ M foram também significativos, pelo menos ao nível de 5% de probabilidade. Os coeficientes de determinação foram superiores a 90%, com exceção de 3 casos.

Tabela 5 - Equações de regressão linear dos valores recíprocos de absorção de cálcio (1/v) em função dos valores recíprocos de concentração (1/S) dos cultivares de trigo com diferentes graus de tolerância ao alumínio e respectivos valores de F (regressão e desvio da regressão) e coeficiente de determinação para os tratamentos com e sem Al nas faixas de concentração de cálcio compreendidas entre $5 \times 10^{-6}M - 8 \times 10^{-5}M$ e $1,6 \times 10^{-4}M - 2,56 \times 10^{-3}M$

CULTIVAR	TRATAMENTO	FAIXA DE CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	F		r ² %
				REGRESSÃO	DESVIO DA REGRESSÃO	
IAS 63	s/Al	$5 \times 10^{-6}M - 8 \times 10^{-5}M$	$Y = 0,014895 + 0,1017 \cdot 10^{-6}X$	166,66**	8,21**	87,13
	c/Al	$1,6 \times 10^{-4}M - 2,56 \times 10^{-3}M$	$Y = 0,005114 + 0,1222 \cdot 10^{-5}X$	106,67**	3,15NS	91,87
	c/Al	$5 \times 10^{-6}M - 8 \times 10^{-5}M$	$Y = 0,018814 + 0,6575 \cdot 10^{-6}X$	96,84**	1,52NS	95,51
	c/Al	$1,6 \times 10^{-4}M - 2,56 \times 10^{-3}M$	$Y = 0,003914 + 0,1429 \cdot 10^{-5}X$	279,33**	1,13NS	98,80
Yecora	s/Al	$5 \times 10^{-6}M - 8 \times 10^{-5}M$	$Y = 0,014861 + 0,9772 \cdot 10^{-7}X$	55,16**	2,83NS	88,64
	s/Al	$1,6 \times 10^{-4}M - 2,56 \times 10^{-3}M$	$Y = 0,004738 + 0,7438 \cdot 10^{-6}X$	33,40**	3,56*	75,77
	c/Al	$5 \times 10^{-6}M - 8 \times 10^{-5}M$	$Y = 0,011121 + 0,5822 \cdot 10^{-6}X$	502,14**	3,26NS	98,09
	c/Al	$1,6 \times 10^{-4}M - 2,56 \times 10^{-3}M$	$Y = 0,003206 + 0,1164 \cdot 10^{-5}X$	181,79**	1,35NS	97,81
Sonora 63C	s/Al	$5 \times 10^{-6}M - 8 \times 10^{-5}M$	$Y = 0,014374 + 0,1541 \cdot 10^{-6}X$	52,18**	2,32NS	88,24
	s/Al	$1,6 \times 10^{-4}M - 2,56 \times 10^{-3}M$	$Y = 0,005026 + 0,1207 \cdot 10^{-5}X$	60,09**	0,76NS	96,34
	c/Al	$5 \times 10^{-6}M - 8 \times 10^{-5}M$	$Y = 0,024190 + 0,7456 \cdot 10^{-6}X$	89,98**	2,26NS	92,98
	c/Al	$1,6 \times 10^{-4}M - 2,56 \times 10^{-3}M$	$Y = 0,004077 + 0,2074 \cdot 10^{-5}X$	104,35**	0,40NS	98,86

NS - Não significativo

* - Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade

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

Tabela 6 - Equações de regressão linear dos valores recíprocos de absorção de cálcio (1/v) em função dos valores recíprocos de concentração de cálcio (1/S) dos cultivares de trigo com diferentes graus de tolerância ao manganês e respectivos valores de F (regressão e desvio da regressão) e coeficientes de determinação para os tratamentos com e sem Mn nas faixas de concentração de cálcio compreendidas entre $5 \times 10^{-6} \text{M} - 8 \times 10^{-5} \text{M} - 1,6 \times 10^{-4} \text{M} - 2,56 \times 10^{-3} \text{M}$

CULTIVAR	TRATAMENTO	FAIXA DE CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	F	
				REGRESSÃO	DESVIO DA REGRESSÃO %
IAS 55	s/Mn	$5 \times 10^{-6} \text{M} - 8 \times 10^{-5} \text{M}$	$Y = 0,012570 + 0,9400 \cdot 10^{-7} X$	109,59**	1,83NS
	s/Mn	$1,6 \times 10^{-4} \text{M} - 2,56 \times 10^{-3} \text{M}$	$Y = 0,003860 + 0,1181 \cdot 10^{-5} X$	271,12**	0,91NS
	c/Mn	$5 \times 10^{-6} \text{M} - 8 \times 10^{-5} \text{M}$	$Y = 0,026684 + 0,3744 \cdot 10^{-6} X$	104,96**	4,48*
	c/Mn	$1,6 \times 10^{-4} \text{M} - 2,56 \times 10^{-3} \text{M}$	$Y = 0,004031 + 0,1692 \cdot 10^{-5} X$	336,95**	7,04**
Sonora 63C	s/Mn	$5 \times 10^{-6} \text{M} - 8 \times 10^{-5} \text{M}$	$Y = 0,014374 + 0,1541 \cdot 10^{-6} X$	52,18**	2,32NS
	s/Mn	$1,6 \times 10^{-4} \text{M} - 2,56 \times 10^{-3} \text{M}$	$Y = 0,005026 + 0,1207 \cdot 10^{-5} X$	60,09**	0,76NS
	c/Mn	$5 \times 10^{-6} \text{M} - 8 \times 10^{-5} \text{M}$	$Y = 0,030199 + 0,5099 \cdot 10^{-6} X$	44,14**	0,83NS
	c/Mn	$1,6 \times 10^{-4} \text{M} - 2,56 \times 10^{-3} \text{M}$	$Y = 0,004660 + 0,2399 \cdot 10^{-5} X$	241,91**	0,75NS
CNT1	s/Mn	$5 \times 10^{-6} \text{M} - 8 \times 10^{-5} \text{M}$	$Y = 0,014337 + 0,1156 \cdot 10^{-6} X$	44,75**	0,97NS
	s/Mn	$1,6 \times 10^{-4} \text{M} - 2,56 \times 10^{-3} \text{M}$	$Y = 0,005275 + 0,6875 \cdot 10^{-6} X$	53,95**	6,20**
	c/Mn	$5 \times 10^{-6} \text{M} - 8 \times 10^{-5} \text{M}$	$Y = 0,016435 + 0,6526 \cdot 10^{-6} X$	218,49**	0,43NS
	c/Mn	$1,6 \times 10^{-4} \text{M} - 2,56 \times 10^{-3} \text{M}$	$Y = 0,003698 + 0,1770 \cdot 10^{-5} X$	1282,85**	2,85NS

NS - Não significativo

* - Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Valor significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 7 - Valores de Vm e Km dos cultivares de trigo com diferentes graus de tolerância ao alumínio e ao manganês obtidos nas faixas de concentração de cálcio compreendidas entre $5 \times 10^{-6} \text{M}$ - $8 \times 10^{-5} \text{M}$ (faixa 1) e $1,6 \times 10^{-4} \text{M}$ - $2,56 \times 10^{-3} \text{M}$ (faixa 2), na presença e ausência de alumínio e manganês

CULTIVAR	TRATAMENTO	Vm - ugCa/g/h		Km - M	
		FAIXA 1	FAIXA 2	FAIXA 1	FAIXA 1
IAS 63	s/Al	67,14	195,54	$6,83 \times 10^{-6}$	$2,39 \times 10^{-4}$
IAS 63	c/Al	53,15	255,49	$3,49 \times 10^{-5}$	$3,65 \times 10^{-4}$
Yecora	s/Al	67,29	211,06	$6,58 \times 10^{-6}$	$1,57 \times 10^{-4}$
Yecora	c/Al	89,92	311,92	$5,24 \times 10^{-5}$	$3,63 \times 10^{-4}$
Sonora 63C	s/Al ou Mn	69,57	198,96	$1,07 \times 10^{-5}$	$2,40 \times 10^{-4}$
Sonora 63C	c/Al	41,34	245,28	$3,08 \times 10^{-5}$	$5,09 \times 10^{-4}$
Sonora 63C	c/Mn	33,11	214,59	$1,69 \times 10^{-5}$	$5,13 \times 10^{-4}$
IAS 55	s/Mn	79,55	259,07	$7,48 \times 10^{-6}$	$3,06 \times 10^{-4}$
IAS 55	c/Mn	37,48	248,08	$1,40 \times 10^{-5}$	$4,20 \times 10^{-4}$
CNT1	s/Mn	69,75	189,57	$8,06 \times 10^{-6}$	$1,30 \times 10^{-4}$
CNT1	c/Mn	60,84	270,42	$3,97 \times 10^{-5}$	$4,79 \times 10^{-4}$

A partir dos parâmetros a e b de cada equação de regressão linear apresenta nas Tabelas 5 e 6 e considerando - se as igualdades $a = 1/V_m$ e $b = K_m/V_m$, foram calculados os valores de V_m e K_m de absorção de cálcio em cada uma das faixas de concentração de Ca e na ausência ou presença de Al ou de Mn, os quais são mostrados na Tabela 7.

DISCUSSÃO

Mecanismos de absorção de cálcio

Com a finalidade de demonstrar ou não a existência de dois mecanismos de absorção de Ca, conforme propugnou EPS-TEIN (1966), foi executado o teste t para comparar os parâmetros a e b dos pares de equações de regressão linear correspondentes às faixas de concentração de Ca 1 ($5 \times 10^{-6} M$ até $8 \times 10^{-5} M$) e 2 ($1,6 \times 10^{-4} M$ até $2,5 \times 10^{-3} M$) de cada cultivar com seus tratamentos de Al ou Mn estudados. O teste t revelou que os valores a dos pares de equações de regressão não foram iguais entre si a níveis de significância de 20% em 4 casos (IAS 63-c/Al - faixa 1 x IAS 63-c/Al - faixa 2, Yecora-c/Al - faixa 1 x Yecora-c/Al - faixa 2, Sonora 63C-c/Al - faixa 1 x Sonora 63C-c/Al - faixa 2 e CNT1-c/Mn - faixa 1 x CNT1-c/Mn - faixa 2), de 5% em 2 casos (IAS 55-c/Mn - faixa 1 x IAS 55-c/Mn - faixa 2 e Sonora 63-c/Mn - faixa 1 x Sonora 63C-c/Mn - faixa 2) e de 1% em 5 casos (IAS 63-s/Al - faixa 1 x IAS 63-s/Al - faixa 2, Yecora-s/Al - faixa 1 x Yecora-s/Al - faixa 2, Sonora 63C-s/Al ou Mn - faixa 1 x Sonora 63C-s/Al ou Mn - faixa 2, CNT1-s/Mn - faixa 1 x CNT1-s/Mn - faixa 2 e IAS 55-s/Mn - faixa 1 x IAS 55-s/Mn - faixa 2). Da mesma forma, os valores de b dos pares de equações de regressão testados não foram iguais entre si em 2 casos, a um nível de significância de 1% (IAS 63-s/Al - faixa 1 x IAS 63-s/Al - faixa 2) e 5% (IAS 55-s/Mn - faixa 1 x IAS 55-s/Mn - faixa 2). Em face disso, e a partir das relações tabuladas na Tabela 2, deve-se aceitar a hipótese, com as probabilidades obtidas para cada par comparado, de que as velocidades máximas (V_m) e os parâmetros K_m são diferentes entre si e que, portanto, existem dois mecanismos de absorção de Ca, um operando numa faixa de menor concentração ($5 \times 10^{-6} M$ até $8 \times 10^{-5} M$) e outro operando numa faixa de maior concentração ($1,6 \times 10^{-4} M$ até $2,56 \times 10^{-3} M$).

Para íons como Rb, K, Na e Sr, onde se demonstrou que a absorção obedecera a um padrão duplo, as velocidades máximas na faixa de baixa concentração foram atingidas aproximadamente em concentrações de 0,1 a 1mM e na faixa de alta concentração, quando as concentrações excedem a 1mM (HIATT & LEGGETT, 1974), o que concorda com o que foi obtido no presente trabalho.

Nem sempre a absorção de Ca por órgãos de plantas tem sido demonstrado se processar através de dois mecanismos. MAAS (1969), estudando a absorção de Ca por raízes destacadas de milho obtiveram um padrão duplo de absorção. No entanto, DUNLOP (1973), usando raízes destacadas de cevada, trevo subterrâneo e feijão e CRUZ (1974), trabalhando com tecidos foliares de cafeeiro, constataram que a absorção de Ca se processa através de um único mecanismo.

Diferenças genéticas na absorção de cálcio na ausência de alumínio e de manganês

A partir dos níveis de significância dos valores de t que permitem todas as comparações possíveis entre os parâmetros a , entre si, e b , entre si, dos pares de equações de regressão linear, correspondentes à absorção de Ca efetuada pelos cultivares estudados e na faixa 1 de concentração de Ca, constatou-se que os referidos parâmetros não foram diferentes, nos níveis de probabilidade adotados (1%, 5% e 20%) e, portanto, consultando a Tabela 2, identificaram-se as seguintes relações entre os valores dos parâmetros V_m e K_m , apresentados na Tabela 7:

Faixa 1 de concentração de Ca ($5 \times 10^{-6}M - 8 \times 10^{-5}M$)

Os valores de V_m , entre si, bem como os valores de K_m , entre si, dos cultivares são iguais.

Interpretando-se da mesma maneira, na faixa de maior concentração de Ca ($1,6 \times 10^{-4}M - 2,56 \times 10^{-3}M$) observam-se as seguintes relações entre os parâmetros V_m e K_m dos cultivares:

Faixa 2 de concentração de Ca ($1,6 \times 10^{-4} \text{M} - 3,56 \times 10^{-3} \text{M}$)

CNT1 (s/Mn)	$V_m(189,57)$ $K_m(1,30 \times 10^{-4})$	$= V_m(195,54)$ $< K_m(2,39 \times 10^{-4} \text{M})$	IAS 63 (s/Al)
CNT1 (s/Mn)	$V_m(189,57)$ $K_m(1,30 \times 10^{-4} \text{M})$	$= V_m(198,96)$ $< K_m(2,40 \times 10^{-4} \text{M})$	Son 63C (s/Al ou Mn)
CNT1 (s/Mn)	$V_m(189,57)$ $K_m(1,30 \times 10^{-4})$	$= V_m(211,06)$ $= K_m(1,57 \times 10^{-4})$	Yecora (s/Al)
CNT1 (s/Mn)	$V_m(189,57)$ $K_m(1,30 \times 10^{-4})$	$< V_m(259,07)$ $\approx K_m(3,06 \times 10^{-4})$	IAS 55 (s/Mn)
IAS 63 (s/Al)	$V_m(195,54)$ $K_m(2,39 \times 10^{-4})$	$= V_m(198,96)$ $= K_m(2,40 \times 10^{-4})$	Son 63C (s/Al ou Mn)
IAS 63 (s/Al)	$V_m(195,54)$ $K_m(2,39 \times 10^{-4})$	$= V_m(211,06)$ $> K_m(1,57 \times 10^{-4})$	Yecora (s/Al)
IAS 63 (s/Al)	$V_m(195,54)$ $K_m(2,39 \times 10^{-4})$	$< V_m(259,07)$ $< K_m(3,06 \times 10^{-4})$	IAS 55 (s/Mn)
Son 63C (s/Al ou Mn)	$V_m(198,96)$ $K_m(2,40 \times 10^{-4})$	$= V_m(211,06)$ $= K_m(1,57 \times 10^{-4})$	Yecora (s/Al)
Son 63C (s/Al ou Mn)	$V_m(198,96)$ $K_m(2,40 \times 10^{-4})$	$< V_m(259,07)$ $< K_m(3,06 \times 10^{-4})$	IAS 55 (s/Mn)
Yecora (s/Al)	$V_m(221,06)$ $K_m(1,57 \times 10^{-4})$	$= V_m(259,07)$ $< K_m(3,06 \times 10^{-4})$	IAS 55 (s/Mn)

Na faixa de menor concentração de Ca, todos os 5 cultivos apresentaram a mesma eficiência na absorção do Ca, pois os seus parâmetros V_m e K_m não foram diferentes.

Na faixa de maior concentração de Ca, constata-se um comportamento genético diferencial quanto à absorção de Ca.

O cultivar IAS 55 apresenta um valor de V_m maior do que os valores de V_m apresentados pelos cultivares CNT1, IAS 63; porém, em contrapartida, possuía um K_m maior do que o K_m dos cultivares CNT1, IAS 63 e Sonora 63C, necessitando, como consequência, uma concentração de Ca mais elevada para que meta de sua velocidade máxima de absorção fosse atingida. Por outro lado, o cultivar IAS 63 apresentou menor eficiência na absorção do Ca do que os cultivares CNT1 e Yecora, pois possuía um valor de K_m superior ao dos citados cultivares e, por extensão, um carregador com menor afinidade pelo Ca do que aquelas. O cultivar Sonora 63C tem menor eficiência na absorção do Ca do que o cultivar CNT1, pois apresentou um maior valor de K_m bem como o cultivar IAS 55 com relação ao cultivar Yecora.

Influência do alumínio na absorção do cálcio

Nas comparações pertinentes, os seguintes comportamentos quanto aos parâmetros V_m e K_m , foram detectados nas 2 faixas de concentração de Ca:

Faixa 1 de concentração de Ca.

IAS 63 (s/A1)		$V_m(67,14)$ $K_m(6,83 \times 10^{-6})$	=	$V_m(53,15)$ $< K_m(3,49 \times 10^{-5})$		IAS 63 (c/A1)
Yecora (s/A1)		$V_m(67,29)$ $K_m(6,58 \times 10^{-6})$	=	$V_m(89,92)$ $< K_m(5,24 \times 10^{-5})$		Yecora (c/A1)
Son 63C (s/A1)		$V_m(69,57)$ $K_m(1,07 \times 10^{-5})$	=	$V_m(41,34)$ $< K_m(3,08 \times 10^{-5})$		Son 63C (c/A1)

Faixa 2 de concentração de Ca.

IAS 63 (s/A1)		$V_m(195,54)$ $K_m(2,39 \times 10^{-4})$	<	$V_m(255,49)$ $< K_m(3,65 \times 10^{-4})$		IAS 63 (c/A1)
Yecora (s/A1)		$V_m(211,06)$ $K_m(1,57 \times 10^{-4})$	<	$V_m(311,92)$ $\approx K_m(3,63 \times 10^{-4})$		Yecora (c/A1)
Son 63C (s/A1)		$V_m(198,96)$ $K_m(2,40 \times 10^{-4})$	=	$V_m(245,28)$ $< K_m(5,09 \times 10^{-4})$		Son 63C (c/A1)

A discussão sobre os mecanismos mediante os quais o Al e o Mn interferem com a absorção do Ca, face às relações entre os parâmetros biológicos V_m e K_m , daqui em diante serão procedidas de acordo com FRIED & BROESHART (1967, p.98 até 101).

Na faixa 1 de concentração de Ca, o efeito do Al sobre a absorção de Ca, em cada um dos cultivares testados, confira-se como sendo uma inibição competitiva.

Na faixa 2 de concentração de Ca, as relações entre os parâmetros V_m e K_m , na ausência e na presença de Al, sugerem o envolvimento de pelo menos 2 tipos de mecanismo. No cultivar Sonora 63C o Al exerceu uma inibição de natureza competitiva na absorção do Ca e nos cultivares IAS 63 e Yecora, um efeito estimulatório (sinergismo) pois, embora diminuindo a afinidade do carregador pelo Ca (maior K_m), aumentou a velocidade de absorção do citado íon (maior V_m).

Dessa forma, pelo menos a faixa de concentração mais elevada de Ca, parece existir uma relação entre absorção de Ca e o grau de tolerância ao Al, pois nos cultivares IAS 63 (tolerante e Yecora (tolerância intermediária) o Al promoveu um efeito sinérgico na absorção de Ca e no cultivar Sonora 63C (suscetível) um efeito inibitório.

Confrontando-se os resultados apresentados no Tabela 3 com os obtidos por JOHNSON & JACKSON (1974), constata-se que não existe uma concordância total, pois esses autores citados obtiveram um nítido efeito depressivo do Al na absorção do Ca, independente de concentração de Ca das soluções experimentais. LANCE & PEARSON (1969), estudando o efeito de 4 concentrações de Al sobre a absorção do Ca por raízes de plantas de algodão com 8 dias de idade, observaram que a inibição da absorção de Ca após uma exposição das raízes a uma concentração de 0,30 ppm de Al foi prevenida aumentando-se a concentração de Ca da solução até 600 ppm. Em face desses resultados, esses pesquisadores enfatizaram que o efeito do Al sobre a absorção do Ca pode ser explicado postulando-se a existência de 2 mecanismos de absorção de Ca, um operando em menores concentrações e outro em maiores concentrações, de tal modo que a absorção de Ca é inibida pelo Al na faixa de me-

nor concentração. Conforme foi discutido e como demonstra claramente a Tabela 3, confirma-se o postulado proposto por LANCE & PEARSON (1960), principalmente para os cultivares IAS 63 e Yecora.

Os resultados alcançados na faixa de concentração mais elevada de Ca (Al causando sinergismo na absorção de Ca dos cultivares mais tolerantes e inibição no cultivar mais suscetível) podem ter interesse prático, pois PATELLA (1972) observou que a concentração de Al no solo deixa de ser um fator limitante na produção dos atuais cultivares de trigo, recomendados para o Rio Grande do Sul - Brasil, quando a relação Ca+Mg/Al do solo for superior a 2,0.

Influência do manganês na absorção do cálcio

Em ambas as faixas de concentração de cálcio foram as seguintes relações nos parâmetros V_m e K_m dos 3 cultivares estudados:

Faixa 1 de concentração de Ca

IAS 55 (s/Mn)	$V_m(79,55)$ $K_m(7,48 \times 10^{-6})$	> $V_m(37,48)$ < $K_m(1,40 \times 10^{-5})$	IAS 55 (c/Mn)
Son 63C (s/Mn)	$V_m(69,57)$ $K_m(1,07 \times 10^{-5})$	= $V_m(33,11)$ < $K_m(1,69 \times 10^{-5})$	Son 63C (c/Mn)
CNT1 (s/Mn)	$V_m(69,75)$ $K_m(8,06 \times 10^{-6})$	= $V_m(60,84)$ < $K_m(3,97 \times 10^{-5})$	CNT1 (c/Mn)

Faixa 2 de concentração de Ca

IAS 55 (s/Mn)	$V_m(214,59)$ $K_m(3,06 \times 10^{-4})$	= $V_m(259,07)$ < $K_m(4,20 \times 10^{-4})$	IAS 55 (c/Mn)
Son 63C (s/Mn)	$V_m(198,96)$ $K_m(2,40 \times 10^{-4})$	= $V_m(245,28)$ < $K_m(5,09 \times 10^{-4})$	Son 63C (c/Mn)
CNT1 (s/Mn)	$V_m(189,57)$ $K_m(1,30 \times 10^{-4})$	< $V_m(270,42)$ < $K_m(4,79 \times 10^{-4})$	CNT1 (c/Mn)

Na faixa de menor concentração de Ca, comprova-se que o Mn exerceu um efeito inibitório, de natureza competitiva, sobre a absorção de Ca dos cultivares Sonora 63C e CNT1 e provavelmente, incompetitiva na absorção do Ca do cultivar IAS 55. Assim sendo, pode-se sustentar que, nesta faixa de concentração de Ca, o Al e o Mn agiram quase da mesma maneira na absorção do citado elemento.

Na faixa de concentração de Ca mais elevada, o Mn exerceu na absorção do citado elemento um efeito inibitório de natureza competitiva nos cultivares IAS 55 e Sonora 63C e um efeito sinérgico sobre o cultivar CNT1, pois promoveu um aumento no parâmetro V_m , embora a custa de uma diminuição de afinidade do carregador.

Comparando-se os efeitos do Al e do Mn na absorção do Ca e relacionando-se com o grau de tolerância aos dois elementos, percebe-se um comportamento inteiramente antagônico, pois nos cultivares mais tolerantes ao Al (IAS 63 e Yecora), este último elemento citado produziu um efeito sinérgico na absorção do Ca e nos cultivares mais tolerantes ao Mn (IAS 55 e Sonora 63C), este produziu um efeito inibitório na absorção. Por outro lado, o cultivar mais sensível ao Al teve sua absorção de Ca inibida pelo Al, enquanto que no cultivar mais tolerante ao Mn a absorção de Ca foi estimulada pelo Mn.

Diferenças genéticas na absorção de cálcio na presença de alumínio

Nas faixas de concentração de cálcio estudadas em presença de Al existem as seguintes relações entre os parâmetros V_m e K_m dos cultivares IAS 63, Yecora e Sonora 63C.

Faixa 1 de concentração de Ca

Nas comparações possíveis, os valores de V_m , entre si, bem como os valores de K_m , entre si, são iguais.

Faixa 2 de concentração de Ca

IAS 63	$V_m(255,49)$	=	$V_m(311,92)$	Yecora
(c/Al)	$K_m(3,65 \times 10^{-4})$	=	$K_m(3,63 \times 10^{-4})$	(c/Al)

IAS 63 (c/Al)	$V_m(255,49)$ $K_m(3,65 \times 10^{-4})$	$= V_m(245,28)$ $< K_m(5,09 \times 10^{-4})$	Son 63C (c)Al)
Yecora (c/Al)	$V_m(311,92)$ $K_m(3,63 \times 10^{-4})$	$= V_m(245,28)$ $< K_m(5,09 \times 10^{-4})$	Son 63C (c/Al)

Na faixa de menor concentração de Ca, não existem diferenças nos parâmetros V_m e K_m , o que também aconteceu quando se fizeram essas mesmas comparações na situação de ausência de Al.

Não obstante, na faixa 2 de concentração de Ca, manifestaram-se diferenças que, relacionadas com as que foram detectadas na ausência de Al, consubstanciaram-se como sendo de caráter genético e ligadas à tolerância ao Al.

Voltando-se a considerar os parâmetros V_m e K_m do par IAS 63 x Yecora - faixa 2 de concentração de Ca, onde a absorção foi estudada na ausência de Al, constata-se que, embora os valores de V_m não sejam diferentes, o valor de K_m do cultivar IAS 63 foi maior do que o valor de K_m do cultivar Yecora, demonstrando que nessa condição o carregador deste último tem maior afinidade pelo Ca do que o carregador do cultivar IAS 63. No entanto, na presença de Al, os valores de V_m dos 2 cultivares continuam não sendo diferentes e também os valores de K_m , indicando que o cultivar IAS 63 não perdeu de modo tão marcante a afinidade do seu carregador pelo Ca como o cultivar Yecora.

Com relação ao par IAS 63 x Sonora 63C - faixa 2 de concentração de Ca, constata-se que, na ausência de Al, os parâmetros V_m e K_m não foram diferentes; porém na presença de Al, o maior valor de K_m do cultivar Sonora 63C sugere que a perda de afinidade do carregador do cultivar IAS 63, na presença de Al, foi de menor intensidade do que a perda de afinidade do carregador do cultivar Sonora 63C.

Analisando-se o par Yecora x Sonora 63C - faixa 2 de concentração de Ca, na ausência e na presença de Al, verifica-se o mesmo comportamento descrito para o par IAS 63 x So-

nora 63C, indicando uma perda mais intensa de afinidade do cultivar mais suscetível (Sonora 63C).

Diante desses comportamentos, postula-se que, embora o Al exerça uma diminuição na afinidade do carregador pelo Ca, esta é gradual, de tal modo que quanto mais suscetível for o cultivar maior é a perda da afinidade do carregador pelo Ca, pelo menor na faixa de concentração mais elevada desse elemento.

Na faixa 2 de concentração de Ca, a variação genética, ligada a tolerância ao Al, conforme propugnado, é reforçada pela observação já feita de que o Al exerceu efeito inibitório na absorção do Ca pelo cultivar Sonora 63C e um efeito sinérgico na absorção realizada pelos cultivares IAS 63 e Yecora.

Diferenças genéticas na absorção de cálcio na presença de manganês

Nos cultivares apresentando tolerância diferencial ao Mn foram identificadas as seguintes relações entre os parâmetros V_m e K_m , quando a absorção de Ca foi determinada na presença de Mn:

Faixa 1 da concentração de Ca

IAS 55 (c/Mn)	$V_m(37,48)$ $K_m(1,40 \times 10^{-5})$	= $V_m(33,11)$ = $K_m(1,69 \times 10^{-5})$	Son 63C (c/Mn)
IAS 55 (c/Mn)	$V_m(37,48)$ $K_m(1,40 \times 10^{-5})$	= $V_m(60,84)$ < $K_m(3,97 \times 10^{-5})$	CNT1 (c/Mn)
Son 63C (c/Mn)	$V_m(33,11)$ $K_m(1,69 \times 10^{-5})$	= $V_m(60,84)$ = $K_m(3,97 \times 10^{-5})$	CNT1 (c/Mn)

Faixa 2 de concentração de Ca

IAS 55 (c/Mn)	$V_m(248,08)$ $K_m(4,20 \times 10^{-4})$	= $V_m(214,59)$ < $K_m(5,13 \times 10^{-4})$	Son 63C (c/Mn)
------------------	---	---	-------------------

IAS 55 (c/Mn)	$V_m(214,59)$ $K_m(5,13 \times 10^{-4})$	=	$V_m(270,42)$ $K_m(4,79 \times 10^{-4})$	CNT1 (c/Mn)
Son 63C (c/Mn)	$V_m(214,59)$ $K_m(5,13 \times 10^{-4})$	=	$V_m(270,42)$ $> K_m(4,79 \times 10^{-4})$	CNT1 (c/Mn)

Na faixa 1 de concentração de Ca, a presença de Mn não propiciou alterações nos parâmetros V_m e K_m dos pares IAS 55 x Sonora 63C e Sonora 63C x CNT1, a exemplo do que aconteceu na ausência de Mn. No entanto, com relação ao par IAS 55 x CNT1, embora o Mn exercesse uma diminuição na afinidade dos carregadores de ambos os cultivares pelo Ca, a grandeza da diminuição parece ser maior no cultivar CNT1 (suscetível) do que no cultivar IAS 55 (tolerante), pois como foi visto, na ausência de Mn os dois cultivares não apresentaram diferenças em seus valores de K_m , e portanto, nas afinidades de seus carregadores pelo Ca. Essa variação sugere ser de natureza genética e relacionada com a tolerância ao Mn.

Na faixa 2 de concentração de Ca, considerando-se o par IAS 55 x Sonora 63C, vê-se que o parâmetro K_m do cultivar IAS 55 (tolerante) foi menor do que o do cultivar Sonora 63C (tolerância intermediária), embora na ausência de Mn, o referido parâmetro do cultivar IAS 55 fosse maior. Sabendo-se que o Mn ocasionou uma diminuição na afinidade dos carregadores pelo Ca dos dois cultivares, o mesmo raciocínio empregado na consideração do par IAS 55 x CNT1, faixa 1 de concentração de Ca, autoriza afirmar que as características genéticas do cultivar IAS 55, na presença de Mn, não permitiram que a perda de afinidade do seu carregador pelo Ca fosse tão intensa como aquela do cultivar Sonora 63C. No entanto, o carregador do cultivar Sonora 63C, de acordo com a mesma linha de raciocínio, perdeu pelo menos, tão intensamente a afinidade pelo Ca, na presença de Mn, do que o cultivar CNT1 (suscetível), o que compromete a possibilidade de o caráter genético determinante desses efeitos estar ligado à tolerância ao Mn.

Dessa forma, parece existir uma influência da tolerância dos cultivares ao Mn sobre a eficiência de absorção de Ca somente quando se analisa o mecanismo 1 de absorção de Ca.

*Efeitos comparativos do alumínio e do manganês
na absorção do cálcio*

A comparação foi efetuada a partir dos valores de V_m e K_m obtidos nos ensaios efetuados com o cultivar Sonora 63C, onde a absorção do Ca foi determinada na presença de Al e na presença de Mn. As seguintes relações foram obtidas:

Faixa 1 de concentração de Ca

$$\begin{array}{l|l} \text{Son 63C} & V_m(41,34) \\ \text{(c/Al)} & K_m(3,08 \times 10^{-5}) \end{array} \quad = \quad \begin{array}{l} V_m(33,11) \\ K_m(1,69 \times 10^{-5}) \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \text{Son 63C} \\ \text{(c/Mn)} \end{array}$$

Faixa 2 de concentração de Ca

$$\begin{array}{l|l} \text{Son 63C} & V_m(245,28) \\ \text{(c/Al)} & K_m(5,09 \times 10^{-4}) \end{array} \quad = \quad \begin{array}{l} V_m(214,59) \\ K_m(5,13 \times 10^{-4}) \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \text{Son 63C} \\ \text{(c/Mn)} \end{array}$$

Em ambas as faixas de concentração, a igualdade entre os valores de V_m e K_m indica que os efeitos do Mn e do Al sobre a absorção de Ca, pelo menos para o cultivar Sonora 63C, foram da mesma magnitude e sentido. Essa constatação é compatível com a comprovação de que o Al e o Mn, nas 2 faixas de concentração de Ca, inibiram de modo competitivo a absorção.

CONCLUSÕES

Os resultados e sua discussão permitiram as seguintes conclusões:

- a) a absorção de Ca se realiza através de 2 mecanismos;
- b) na ausência de Al e de Mn existem diferenças genéticas na absorção de Ca somente na faixa de concentração correspondente a $1,6 \times 10^{-4} M - 2,56 \times 10^{-3} M$ e estas não estão relacionadas com o grau de tolerância ao Al e ao Mn;
- c) o Al promove na absorção do Ca:

- uma inibição competitiva (faixa de concentração correspondente a $5 \times 10^{-4} \text{M}$ - $8 \times 10^{-4} \text{M}$);
 - uma inibição competitiva no cultivar Sonora 63C e uma estimulação nos cultivares IAS 63 e Yecora (faixa de concentração correspondente a $1,6 \times 10^{-4} \text{M}$ - $2,56 \times 10^{-4} \text{M}$);
- e) na presença de Al:
- não existem diferenças genéticas na absorção (faixa de concentração correspondente a $5 \times 10^{-6} \text{M}$ - $8 \times 10^{-5} \text{M}$);
 - existem diferenças genéticas relacionadas ao grau de tolerância ao Al (faixa de concentração correspondente a $1,6 \times 10^{-4} \text{M}$ - $2,56 \times 10^{-3} \text{M}$);
- f) na presença de Mn:
- existem diferenças genéticas na absorção relacionadas ao grau de tolerância ao Mn (faixa de concentração correspondente a $5 \times 10^{-4} \text{M}$ - $8 \times 10^{-3} \text{M}$);
 - existem diferenças genéticas na absorção não relacionadas ao grau de tolerância ao Mn (faixa de concentração correspondente a $1,6 \times 10^{-4} \text{M}$ - $2,56 \times 10^{-3} \text{M}$);
- g) no cultivar Sonora 63 C a absorção de Ca é influenciada do mesmo modo pelo Al e pelo Mn.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, pela cessão de ^{45}Ca e utilização de equipamentos.

SUMMARY

ALUMINUM AND MANGANESE TOLERANCE ON WHEAT
(*Triticum aestivum* L.) CULTIVARS. V. Al AND Mn
INFLUENCE AND TOLERANCE DEGREE TO EACH ELEMENT IN
THE Ca UPTAKE

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

Test cultivars were Sonora 63C, Yecora and IAS 63, respectively, susceptible, intermediate and tolerant to Al, and CNT1, Sonora 63C and IAS 55, respectively, susceptible, intermediate and tolerant to Mn. Labelled ^{45}Ca solutions of CaCl_2 ranged $5 \times 10^{-6}\text{M}$ to $2.56 \times 10^{-3}\text{M}$. Solutions of AlCl_3 and MnCl_2 were 10^{-4}M .

a) The results showed evidence of two mechanisms on Ca uptake: one operating in the range of $5 \times 10^{-6}\text{M}$ to $8 \times 10^{-5}\text{M}$ (I) and other in the range of $1.6 \times 10^{-4}\text{M}$ to $2.56 \times 10^{-3}\text{M}$ (II).

b) In the range I, Al and Mn inhibited Ca uptake. Range II may inhibit or stimulate Ca uptake, according to the test cultivar.

c) In the absence of Al and Mn, cultivars showed intrinsic differences in Ca uptake in range II. Evidences for such differences were not conspicuous in range I.

d) In the presence of Al, the Ca uptake was not related to Al tolerance in range I but it was in range II.

e) In the presence of Mn, cultivars showed intrinsic differences on Ca uptake on both range I and II. Although, in range II, such differences were not related to Mn tolerance.

LITERATURA CITADA

BRAUNER, J.L., 1979. Tolerância de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao alumínio e ao manganês: sua deter-

- minação, influência na concentração de nutrientes e absorção de cálcio e de fósforo. Tese de Doutorado, 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.
- BROWN, J.C.; AMBLER, J.E.; CHANEY, R.L.; FOY, C.D., 1972 Differential responses of plant genotypes to micronutrients. In: DINAUER, R.C., ed. Micronutrients in Agriculture, Madison, Soil Sci. Soc. Amer. Inc., p.389-418.
- CACCO, F.; FERRARI, G.; LUCCI, G.C., 1976. Uptake efficiency of roots in plants at different ploidy levels. J. Agric. Sci. 87: 585-589.
- CRUZ, A.D.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. Absorção de cálcio pelos tecidos de folha de cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Mundo Novo). An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" 31: 105-131.
- DUNLOP, J., 1973. The kinetics of calcium uptake by roots. Planta 112: 159-167.
- EPSTEIN, E., 1966. Dual pattern of ion absorption by plant cells and plants. Nature 212: 1324-1327.
- 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.
- FRIED, M. & BROESHART, 1967. **The soil plant system in relation to inorganic nutrition**, New York, Academic Press, 358p.
- HIATT, A.J.; LEGETT, J.E., 1974. Ionic interactions and anta

gonismus in plants. In: CARSON, E.W., ed. The plant - root and its environment, Charlottesville, University Press of Virginia, p.101-134.

HIGINBOTHAM, N., 1973. The mineral absorption process in plants. Bot. Review **39**: 15-69.

JOHNSON, R.E.; JACKSON, W.A., 1964. Calcium uptake and transport by wheat seedlings as affected by aluminum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **28**: 381-386.

LANCE, J.C.; PEARSON, R.W., 1969. Effect of low concentration of aluminum on growth and nutrient uptake by cotton roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **33**: 95-98.

MAAS, E.V., 1969. Calcium uptake by excised maize-roots and interactions with alkali cations. Plant Physiol **44**: 985-989.

PATELLA, J.F., 1972. Sugestões para adubação - Rio Grande do Sul. In: Centro de Treinamento e Informação do Sul (CETRE ISUL). I. Curso de Fertilidade do Solo, Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 7p.

SARRUGE, J.R.; BIASI, J.; CASTRO, P.R.C.; DEFELIPO, B.V.; FEITOSA; KRUG, F.J.; MORELLI, M., 1973. Cinética da absorção de cálcio na presença de magnésio em células foliares de cafeeiro (*Coffea arabica* L. var **Mundo Novo**). An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" **30**:441-456.