



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agronômico, Campinas

Vol. 42

Campinas, 1983

Artigo nº 6

EFEITO DA TEMPERATURA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO DE CULTIVARES DE TRIGO (1)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2), *Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agronômico.*

RESUMO

Foi estudado o comportamento de oito cultivares de trigo em soluções nutritivas contendo quatro níveis de alumínio (0; 0,5; 1,0 e 6,0mg/litro) combinados com quatro diferentes temperaturas ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $30 \pm 1^\circ\text{C}$ e $34 \pm 1^\circ\text{C}$). A tolerância foi medida pela capacidade de as raízes primárias continuarem a crescer em solução nutritiva sem alumínio, após um período de permanência de 48 horas, em solução contendo determinadas concentrações de alumínio e submetidas a determinada temperatura. Os cultivares BH-1146, IAC-5 e IAC-21 foram os mais tolerantes; IAC-17, Alondra-S-46 e Sonora-64 foram moderadamente tolerantes; Tobari-66, moderadamente sensível e, Siete Cerros, o mais sensível entre os cultivares estudados a níveis crescentes de Al^{3+} nas soluções nutritivas dos tratamentos. Os sintomas de toxicidade (paralisação do crescimento radicular) foram obtidos tanto por um aumento da concentração de alumínio, mantendo-se constante a temperatura das soluções, quanto pelo aumento da temperatura, mantendo-se constante determinada concentração de Al^{3+} nas soluções, para todos os cultivares estudados.

1. INTRODUÇÃO

O efeito prejudicial do alumínio no desenvolvimento das plantas está entre as mais importantes conseqüências da acidez do solo (6).

A prática da calagem provoca, muitas vezes, a precipitação

do alumínio das camadas superiores do solo, permanecendo, no entanto, esse elemento tóxico no subsolo (6). Como ocorre a paralisação do crescimento radicular em conseqüência dos efeitos tóxicos do alumínio, em especial no trigo, o desenvolvimento de cultivares tolerantes seria de interesse, pois

(1) Com verba suplementar do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento, através do Instituto Agronômico. Recebido para publicação a 9 de fevereiro de 1981.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

permitiria um aumento na absorção de nutrientes do subsolo e tornaria a cultura menos sensível durante as secas (9), tão comuns no Estado de São Paulo e Brasil central por ocasião do cultivo dessa gramínea.

Os resultados obtidos por CAMARGO & OLIVEIRA (4), estudando dez cultivares de trigo em soluções nutritivas contendo cinco diferentes concentrações de alumínio, permitiram a separação desses cultivares em cinco classes de tolerância. Os mesmos autores no mesmo trabalho estudando os cultivares de trigo Tobari-66, Alondra-S-46, IAC-17, BH-1146 e Siete Cerros em solos ácidos com a presença de Al^{3+} , confirmaram a possibilidade de separar classes de tolerância a essas condições.

Um método empregando soluções nutritivas contendo diferentes concentrações de Al^{3+} foi desenvolvido pela Universidade Estadual de Oregon, E.U.A. (1, 2, 3, 7, 8), permitindo a identificação de plantas tolerantes baseado na paralisação irreversível do meristema das raízes primárias no estágio de plântula. ALI (1) concluiu que a tolerância ao Al^{3+} em trigo dependia, além da concentração de alumínio na solução, também da concentração de sais, do pH, da temperatura, do tempo de duração do ensaio e dos genótipos utilizados.

Os resultados do estudo, por CAMARGO et alii (5) de dez cultivares de trigo em soluções nutritivas contendo três diferentes níveis de alumínio tóxico, combi-

nado com quatro diferentes concentrações salinas, mostraram que, à medida que as concentrações de alumínio aumentavam nas soluções de tratamentos para uma mesma concentração salina, os cultivares Siete Cerros, Tobari-66 e Inia-66 foram os mais sensíveis; IAC-15, moderadamente sensível; Alondra-S-46 e IAC-17, moderadamente tolerantes; BH-1146, IAC-13, IAC-5 e C-3, os mais tolerantes. Os mesmos autores concluíram que o sintoma de toxicidade devido ao alumínio ficou acentuado ou pelo aumento da concentração de alumínio na solução ou pela diminuição da concentração de sais para todos os cultivares estudados e que, aparentemente, a tolerância à toxicidade a determinada concentração de alumínio é uma característica antes relativa do que absoluta, por depender da concentração de sais presentes.

BENITEZ (2), empregando o mesmo método desenvolvido em Oregon, concluiu que o cultivar de centeio 1443 foi tolerante a 35ppm de alumínio à temperatura de 25°C, porém sensível a 20ppm de alumínio à temperatura de 30°C. Esse fato foi explicado considerando que, à medida que a temperatura das soluções nutritivas de tratamentos aumentava, ocorria uma elevação nas proporções de absorção dos elementos, incluindo o alumínio, e maior atividade dos processos metabólicos por parte das plantas em estudo.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em soluções nu-

tritivas de tratamentos e o efeito de diferentes temperaturas das mesmas mantendo constante determinada concentração de alumínio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem dos cultivares estudados

A relação e a origem dos cultivares estudados encontram-se a seguir:

BH-1146 — Selecionado no Instituto Agronômico de Minas Gerais, Belo Horizonte.

IAC-5 — Obtido da progênie 17521, selecionada na Estação Experimental de Capão Bonito, em 1956, proveniente do cruzamento (Frontana × Kenya) × Polissu.

IAC-17 — Obtido por seleção de progênies, em 1974, no Instituto Agronômico, Campinas, a partir do híbrido F₁ 75, proveniente do cruzamento efetuado, em 1969, entre os cultivares IAS-20 (originário do Estado do Rio Grande do Sul) e IRN-526-63 (de origem mexicana) e introduzido pelo Instituto Biológico do Estado de São Paulo.

IAC-21 — Oriundo da seleção de progênies do híbrido F₁ 839, que se originou do cruzamento, feito em 1971, entre o cultivar Siete Cerros (de origem mexicana) e C-17, introduzido da Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul.

Os cultivares Tobari-66, Sonora-64 e Siete Cerros foram cria-

dos pelo Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), de onde foram introduzidos.

O 'Alondra-S-46' foi criado pelo CIMMYT e introduzido pelo Centro Nacional de Pesquisas de Trigo - EMBRAPA, onde foi res-selecionado.

2.2 Ensaio de cultivares de trigo em solução nutritiva

O delineamento estatístico empregado foi em parcelas sub-subdivididas com duas repetições, cujas parcelas foram compostas por quatro diferentes temperaturas ($22 \pm 1^\circ\text{C}$; $26 \pm 1^\circ\text{C}$; $30 \pm 1^\circ\text{C}$ e $34 \pm 1^\circ\text{C}$) nas soluções de tratamentos; as subparcelas, por quatro concentrações de alumínio (0; 0,5; 1,0 e 6,0mg/litro) e, as subsubparcelas, pelos oito cultivares relacionados.

As sementes dos oito cultivares foram cuidadosamente lavadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 10% e, a seguir, colocadas para germinar em caixas de Petri por 24 horas. Após este tempo, as radículas estavam iniciando a emergência.

Foram escolhidas vinte sementes uniformes de cada cultivar e colocadas sobre o topo de uma tela de náilon que foi adaptada sobre uma vasilha plástica de 8,30 litros de capacidade contendo solução nutritiva completa, de maneira que as sementes foram mantidas úmidas e as radículas emergentes tocavam na solução e tinham, portanto, um pronto suprimento de água e de nutrientes.

A concentração da solução nutritiva completa foi a seguinte: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4mM; MgSO_4 2mM; KNO_3 4mM; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,435 mM; KH_2PO_4 0,5mM; MnSO_4 2 μM ; CuSO_4 0,3 μM ; ZnSO_4 0,8 μM ; NaCl 30 μM ; Fe-CYDTA 10 μM ; Na_2MoO_4 0,10 μM e H_3BO_3 10 μM . O pH da solução foi ajustado para 4,0 com H_2SO_4 1N. A solução foi continuamente arejada e a vasilha colocada em banho-maria com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ dentro do laboratório.

Foram preparadas dezesseis vasilhas plásticas da forma descrita anteriormente, contendo cada uma as plantas dos oito cultivares de trigo a serem testados.

As plantas desenvolveram-se nessas condições por 48 horas. Após esse período, cada plântula tinha três raízes primárias, uma mais longa medindo cerca de 4,5cm e duas mais curtas localizadas lateralmente à primeira.

Cada uma das dezesseis telas de náilon contendo as vinte plântulas de cada cultivar foi removida das soluções nutritivas completas e transferida para vasilhas plásticas de mesma capacidade contendo as soluções de tratamentos com a décima parte da concentração de sais da solução completa. As dezesseis vasilhas foram divididas em quatro grupos de quatro, de tal modo que, no primeiro grupo, não foi adicionado alumínio às soluções de tratamento; no segundo, terceiro e quarto grupo, foram adicionadas quantidades necessárias de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, de tal forma que foram obtidas soluções com 0,5; 1,0 e 6,0mg/litro de Al^{3+} .

Foram a seguir tomadas quatro vasilhas plásticas, com as plântulas em teste, contendo soluções tratamentos com 0, 0,5; 1,0 e 6,0mg/litro de Al^{3+} , e colocadas em banho-maria com temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e os outros três grupos de quatro vasilhas contendo também 0; 0,5; 1,0 e 6,0mg/litro de Al^{3+} foram colocados em banho-maria com temperaturas de $26 \pm 1^\circ\text{C}$; $30 \pm 1^\circ\text{C}$ e $34 \pm 1^\circ\text{C}$.

Nas soluções-tratamentos, o fósforo foi omitido e, o ferro, adicionado em quantidade equivalente como FeCl_3 no lugar do Fe-CYDTA , como foi descrito por MOORE et alii (8). O fósforo foi omitido para evitar a possível precipitação do alumínio, ponto ao qual foi dispensada atenção especial. Antes da transferência das telas contendo as plântulas para as soluções de tratamento, foi adicionado suficiente H_2SO_4 1N para que o pH se aproximasse de 4,2. Completada a correção, foi adicionada a quantidade necessária de alumínio. O pH corrigido para 4,2 baixa após a adição das diferentes doses de alumínio, porém essa margem de 0,2 no pH foi suficiente para que o índice permanesse garantidamente acima de 4,0 para evitar o uso de NaOH . O pH final foi ajustado para 4,0 com H_2SO_4 1N.

As plântulas ficaram crescendo por 48 horas nas respectivas soluções de tratamentos. No final das 48 horas, após a medição da raiz primária de cada plântula, esta foi transferida de volta para as dezesseis vasilhas contendo as soluções nutritivas completas, onde cresceram antes das soluções

tratamentos. Permaneceram crescendo nas soluções completas por mais 72 horas com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. O crescimento da raiz nessas 72 horas depende da severidade do prévio tratamento. Com uma quantidade tóxica de alumínio, as raízes primárias não crescem mais e permanecem grossas, mostrando no ápice uma injúria típica, com descoloração. A quantidade de crescimento da raiz foi determinada, medindo-se novamente seu comprimento em cada plântula no final das 72 horas, na solução completa, e subtraindo o comprimento da mesma medida no final do crescimento nas soluções de tratamentos.

Durante todo o experimento o pH das soluções foi mantido o mais próximo possível de 4,0 por ajustamentos diários. Foi empregada luz artificial contínua na totalidade do experimento.

Os dados foram analisados estatisticamente, considerando-se a média do crescimento da raiz das vinte plântulas de cada cultivar após a influência prejudicial do alumínio nas soluções de tratamentos submetidas a diferentes temperaturas. A comparação entre as médias de crescimento da raiz dos oito cultivares dentro de uma mesma concentração de alumínio e uma mesma temperatura foi feita pelo teste de Tukey (10).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento médio das raízes dos oito cultivares de trigo, após 72 horas de crescimento na

solução completa, seguido de 48 horas de crescimento nas soluções tratamentos a temperaturas de $22 \pm 1^\circ\text{C}$, $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $30 \pm 1^\circ\text{C}$ e $34 \pm 1^\circ\text{C}$ combinados com quatro diferentes concentrações de alumínio (0; 0,5; 1,0 e 6,0mg/litro) encontram-se no quadro 1 e figuras 1, 2, 3 e 4.

Os resultados da análise estatística desse experimento são apresentados no quadro 2. Verificaram-se, pelo teste F, efeitos significativos para temperaturas e efeitos altamente significativos para concentrações de alumínio e cultivares, assim como interações altamente significativas de cultivares \times temperaturas, cultivares \times concentrações de alumínio e cultivares \times temperaturas \times concentrações de alumínio. Não houve significância para a interação temperaturas \times concentrações de alumínio.

Considerando-se as médias dos diferentes cultivares estudados com 0mg/litro de Al nas soluções de tratamento quando submetidos a 22, 26, 30 e 34°C , verificou-se como tendência geral uma diminuição no crescimento das raízes de todos os cultivares, principalmente nas temperaturas mais elevadas, fato esse que poderia ser explicado por um aumento da atividade metabólica em detrimento do crescimento das raízes.

Para a concentração de 0,5mg/litro de Al^{3+} nas soluções de tratamentos, verificou-se que todos os cultivares foram tolerantes quando se empregaram as temperaturas de 22 e 26°C , porém Siete Cerros foi sensível a esse nível de

QUADRO 1. Comprimento médio das raízes de oito cultivares de trigo medidos após 72 horas de crescimento em solução nutritiva completa seguido de crescimento nas soluções de tratamentos contendo quatro diferentes concentrações de alumínio e quatro diferentes temperaturas

Cultivares	Concentração de Alumínio na Solução															
	0mg/litro				0,5mg/litro				1,0mg/litro				6,0mg/litro			
	Temperatura (°C)				Temperatura (°C)				Temperatura (°C)				Temperatura (°C)			
	22	26	30	34	22	26	30	34	22	26	30	34	22	26	30	34
BH-1146	103,6	100,7	86,5	62,5	97,0	93,3	62,4	4,5	87,6	79,9	52,7	0,0	56,3	34,3	0,0	0,0
Siete Cerros	84,1	86,1	86,9	73,2	35,1	2,9	0,0	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IAC-5	95,5	88,0	83,3	57,8	96,0	91,2	61,8	0,0	84,4	77,3	45,1	0,0	57,5	32,9	0,0	0,0
IAC-21	98,4	89,9	90,7	55,1	98,1	83,8	56,1	1,6	97,8	82,8	38,3	0,0	61,2	31,0	0,0	0,0
Sonora-64	77,6	86,0	82,0	68,2	54,5	64,1	9,8	0,0	38,0	51,5	0,6	0,0	21,2	0,0	0,0	0,0
Alondra-S-46	89,5	95,3	94,6	68,3	68,8	67,8	31,1	0,0	60,6	50,3	6,9	0,0	21,2	0,4	0,0	0,0
IAC-17	96,9	96,9	99,2	67,2	88,8	77,9	26,4	0,0	74,2	66,6	7,9	0,0	29,4	0,9	0,0	0,0
Tobari-66	96,3	95,5	88,3	69,8	51,2	35,3	7,7	0,0	21,1	8,8	0,9	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0
d.m.s. (5%)	22,6															
d.m.s. (1%)	26,4															
C.V. %	16,9															

Diferenças mínimas significativas para a comparação das médias dos cultivares de trigo dentro de uma mesma concentração de alumínio e temperatura.

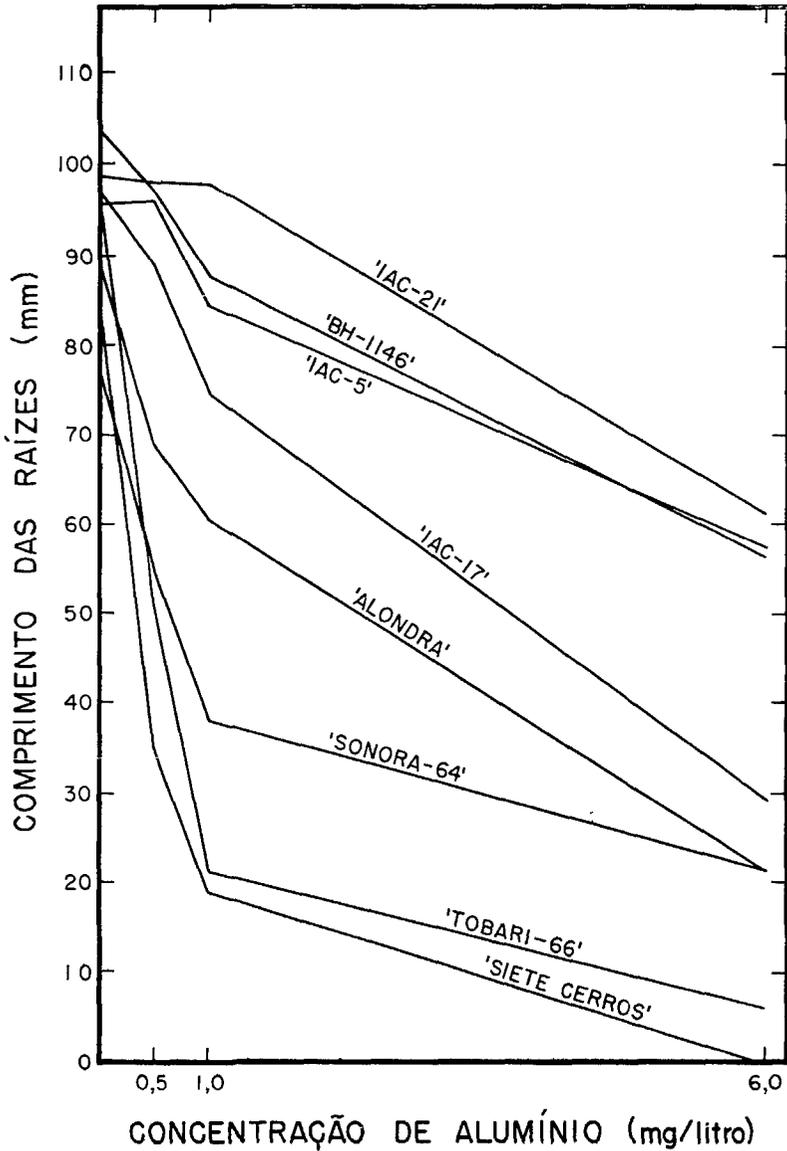


Figura 1. Efeito de diferentes concentrações de alumínio em soluções nutritivas de tratamentos com temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$ no crescimento das raízes de oito cultivares de trigo.

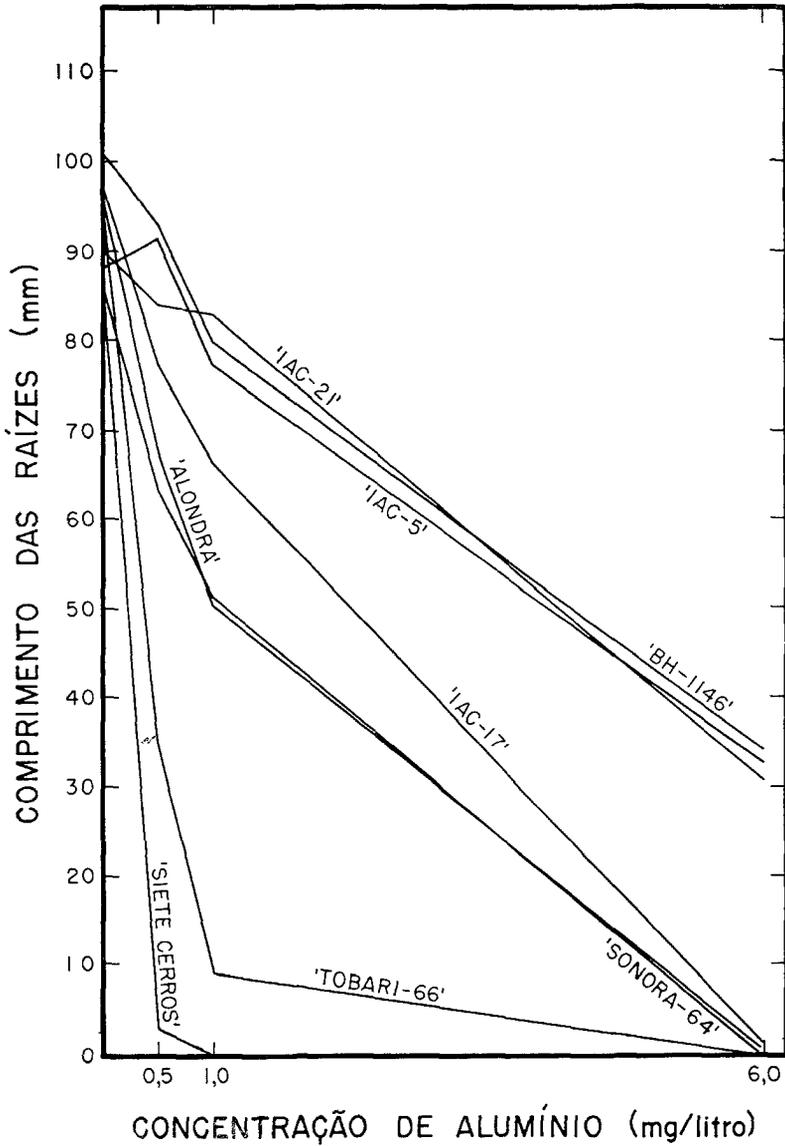


Figura 2. Efeito de diferentes concentrações de alumínio em soluções nutritivas de tratamentos com temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$ no crescimento das raízes de oito cultivares de trigo.

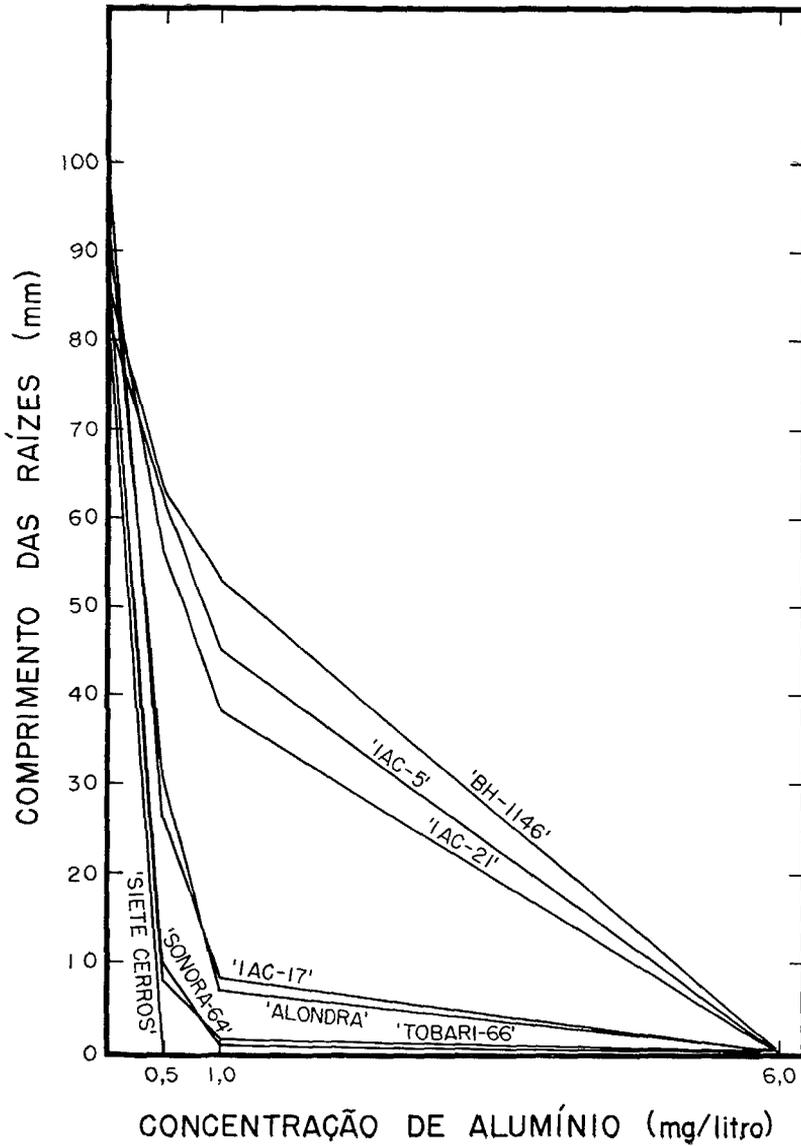


Figura 3. Efeito de diferentes concentrações de alumínio em soluções nutritivas de tratamentos com temperatura de $30 \pm 1^\circ\text{C}$ no crescimento das raízes de oito cultivares de trigo.

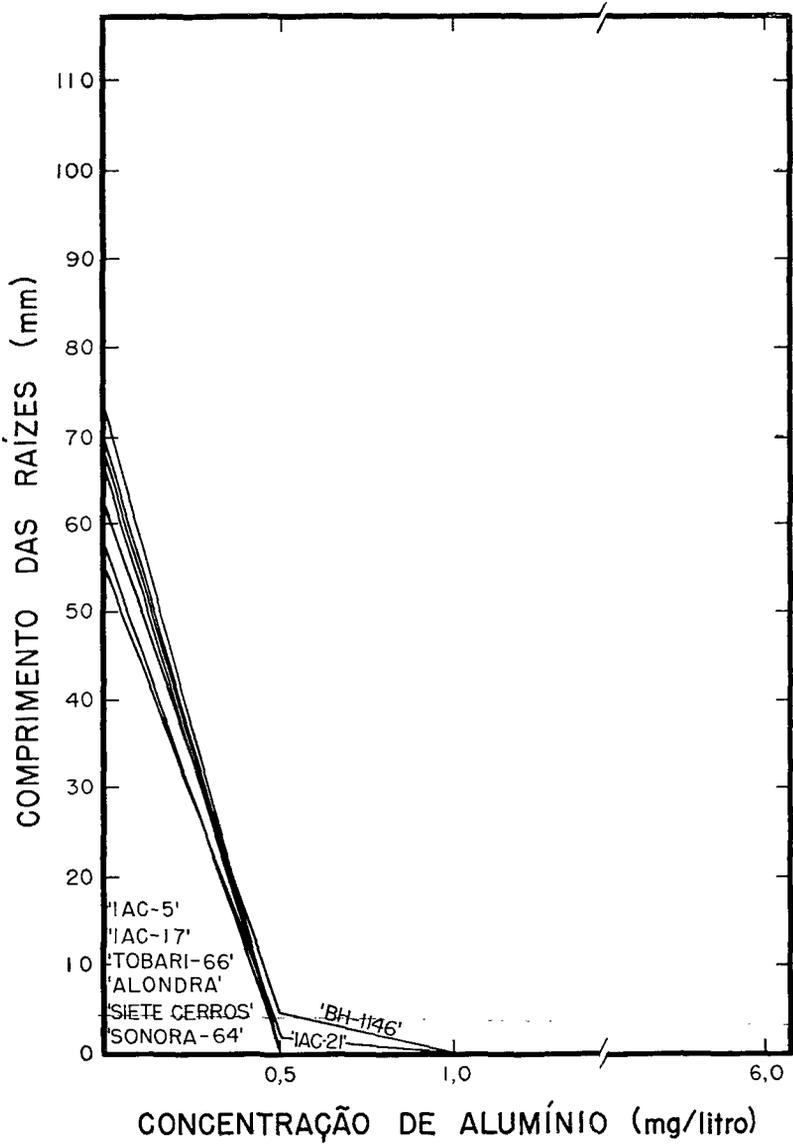


Figura 4. Efeito de diferentes concentrações de alumínio em soluções nutritivas de tratamentos com temperatura de $34 \pm 1^\circ\text{C}$ no crescimento das raízes de oito cultivares de trigo.

Al³⁺ a 30°C. Todos os cultivares, com exceção do BH-1146 e IAC-21, foram sensíveis a 0,5mg/litro de Al³⁺ quando a temperatura da solução tratamento foi 34°C.

Considerando a concentração de 1mg/litro de alumínio, verificou-se que todos os cultivares foram também tolerantes quando a temperatura empregada era 22°C, porém a 26 e 30°C, Siete Cerros mostrou-se sensível, e os demais cultivares tolerantes, sendo todos sensíveis a 1mg/litro de Al³⁺ quando a temperatura da solução de tratamento foi 34°C.

A 6,0mg/litro de Al³⁺ e 22°C, o cultivar Siete Cerros mostrou-se sensível; a 26°C, os cultivares mexicanos Sonora-64 e Tobari-66, além de Siete Cerros, foram sen-

síveis; a 30 e 34°C todos os cultivares foram sensíveis a 6,0mg/litro de Al³⁺ na solução de tratamento, sugerindo que, à medida que se elevou a temperatura, houve maior efeito nocivo do Al devido a um aumento na absorção desse elemento (2).

Na figura 1, pode-se observar a influência das diferentes concentrações de Al³⁺ mantendo-se constante a temperatura de 22°C. Verifica-se que os cultivares BH-1146, IAC-5 e IAC-21 foram os mais tolerantes. A 6,0mg/litro, não diferiram estatisticamente entre si, diferindo dos demais; Siete Cerros foi o mais sensível às concentrações crescentes de alumínio, o que está comprovando os dados anteriormente obtidos por CAMARGO et alii (4, 5).

QUADRO 2. Análise da variância para crescimento da raiz de oito cultivares de trigo após testados em soluções nutritivas de tratamentos contendo quatro diferentes temperaturas x quatro diferentes concentrações de alumínio

Causas de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	1	3.960,19
Temperaturas	3	29.557,38 *
Erro I	3	2.834,16
Concentrações de Al ³⁺	3	61.287,28 **
Temperatura x concentrações de Al ³⁺	9	2.410,45
Erro II	12	966,33
Cultivares	7	5.017,87 **
Cultivares x temperaturas	21	873,70 **
Cultivares x concentrações de Al ³⁺	21	788,17 **
Cultivares x temperatura x concentrações de Al ³⁺	63	161,08
Erro III	112	52,62
Total	255	

Observando as figuras 2, 3 e 4 e contrastando-as com a figura 1, verifica-se que, apesar do efeito marcante do aumento da temperatura na tolerância de um particular cultivar de trigo a uma mesma concentração de alumínio, quatro grupos de cultivares podem ser considerados: BH-1146, IAC-5 e IAC-21 como os mais tolerantes; IAC-17, Alondra-S-46 e Sonora-64 como moderadamente tolerantes; Tobari-66 como moderadamente sensível e Siete Cerros como sensível.

Os resultados obtidos estão de acordo com aqueles concluídos por outros pesquisadores (1, 2); onde a influência prejudicial do alumínio foi dependente da temperatura das soluções tratamentos e que a toxicidade a certa concentração de alumínio aumentava com o aumento da temperatura das soluções. Como foi concluído por CAMARGO et alii (5), a intensificação dos efeitos nocivos do Al^{3+} aumentava com a diminuição da concentração salina das soluções de tratamentos, e, no presente trabalho, com o aumento da temperatura, os resultados sugerem que a tolerância ao Al^{3+} apresentada por diferentes genótipos de trigo seja uma característica antes relativa do que absoluta.

Como uma das principais metas dos trabalhos em desenvolvimento com trigo no Instituto Agrônômico é a obtenção de novos cultivares tolerantes ao Al^{3+} , tornam-se de grande importância, os dados apresentados neste trabalho, mostrando a necessidade de ser mantida uma temperatura constante durante os testes, em-

pregando-se soluções nutritivas. Esse fato evitaria erros na identificação de plantas sensíveis e tolerantes provenientes de populações híbridas segregantes.

4. CONCLUSÕES

a) A técnica empregada para o estudo da reação de cultivares de trigo ao alumínio tóxico usando solução nutritiva foi eficiente, porém a identificação de cultivares tolerantes e sensíveis a determinados níveis de alumínio foi significativamente dependente da temperatura.

b) Aumentando a temperatura de $22 \pm 1^\circ C$ para $34 \pm 1^\circ C$ e mantendo-se constante determinado teor de Al^{3+} , houve uma significativa redução do comprimento das raízes de todos os cultivares estudados.

c) Sintomas de toxicidade de alumínio (paralisação do crescimento radicular) em solução nutritiva poderiam ser obtidos tanto por um aumento da concentração de alumínio, mantendo constante a temperatura, quanto pelo aumento da temperatura, mantendo constante a concentração de alumínio, para todos os cultivares estudados.

d) 'BH-1146', 'IAC-5' e 'IAC-21' foram os mais tolerantes; 'IAC-17', 'Alondra-S-46' e 'Sonora-64', moderadamente tolerantes; 'Tobari-66', moderadamente sensível e, 'Siete Cerros', o mais sensível entre os cultivares estudados a níveis crescentes de Al^{3+} nas soluções nutritivas de tratamentos combinados com quatro diferentes temperaturas.

SUMMARY

EFFECT OF THE TEMPERATURE OF THE NUTRIENT SOLUTION ON THE TOLERANCE TO ALUMINUM TOXICITY IN WHEAT CULTIVARS

The aluminum tolerance of eight wheat cultivars was studied in nutrient solutions using four different levels of this element combined with four different temperatures. The tolerance was evaluated by measuring the root growth in an aluminum-free complete nutrient solution after a previous treatment with Al using 0; 0.5; 1.0 and 6.0mg/litro at temperatures of $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $34^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

The wheat cultivars BH-1146, IAC-5 and IAC-21 were the most tolerant, IAC-17, Alondra-S-46 and Sonora-64 showed moderate tolerance, Tobari-66 was moderately sensitive and Siete Cerros was sensitive to the presence of increasing concentrations of Al^{3+} in the treatment solution under a constant temperature.

The aluminum toxicity symptom (inhibition of root growth) was dependent on the temperature and the amount of aluminum added to the treatment solutions. For the same level of Al^{3+} , the Al toxicity symptoms increased when the temperature increased in the treatment solution, for all the cultivars studied. Apparently wheat tolerance to Al^{3+} is a relative rather than absolute characteristic, depending on temperature among other characteristics.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALI, S. M. E. Influence of cations on aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum* Vill., Host) Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1973. 102 f. (Tese de Doutorado)
2. BENITEZ, A. L. Influence of aluminum toxicity in intergeneric crosses of wheat and rye. Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1977. 107 f. (Tese de Doutorado)
3. CAMARGO, C. E. O.; KRONSTAD, W. E.; METZGER, R. Parent-progeny regression estimates and associations of height level with aluminum toxicity and grain yield in wheat. *Crop Science*, **20**:355-358, 1980.
4. ——— & OLIVEIRA, O. F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia*, Campinas, **40**:21-31, 1980.
5. ———; OLIVEIRA, O. F.; LAVORENTI, A. Efeito de diferentes concentrações de sais em solução nutritiva na tolerância de cultivares de trigo à toxicidade de alumínio. *Bragantia*, Campinas, **40**:93-101, 1980.
6. FOY, C. D.; ARMIGER, W. H.; BRIGGLE, L. W.; REID, D. A. Differential aluminum tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. *Agronomy Journal*, **57**:413-417, 1965.
7. KERRIDGE, P. C. Aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum* Vill, Host). Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1969. 170f. (Tese de Doutorado)
8. MOORE, D. P.; KRONSTAD, W. E.; METZGER, R. Screening wheat for aluminum tolerance. In: *PLANT adaptations to mineral stress in problem soils*. Ithaca, Cornell University, 1976. p.287-295.
9. REID, D. A.; JONES, G. D.; ARMIGER, W. H.; FOY, C. D.; KOCH, E. J.; STARLING, T. M. Differential aluminum tolerance of winter barley varieties and selections in associated greenhouse and field experiments. *Agronomy Journal*, **61**:218-221, 1969.
10. STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New Kork, MacGraw-Hill, 1960. 481p.