

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE TRIGO, TRITICALE E CENTEIO EM DIFERENTES NÍVEIS DE ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA (1)

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

RESUMO

Foram estudados sete cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.), um de trigo duro (*Triticum durum* L.), sete de triticale e dois de centeio (*Secale cereale* L.), em soluções nutritivas contendo quatro níveis de alumínio tóxico. A tolerância foi medida pela capacidade de as raízes primárias continuarem a crescer em solução sem alumínio após um período de 48 horas em solução contendo uma concentração conhecida de alumínio. A temperatura de 28 ± 1 °C foi mantida constante nas soluções durante o experimento. Os cultivares de centeio, Goyarowo e Branco, foram tolerantes a 20mg/litro de Al^{3+} ; os de trigo, Siete Cerros, Tobarí-66 e Cocorit, foram sensíveis a 5mg/litro de alumínio, porém BH-1146, IAC-5, BR-1 e IAC-18 foram tolerantes e, IAC-17, moderadamente tolerante a essa concentração de alumínio; os cultivares de triticale, PFT-763, TCEP-77142, PFT-764, TCEP-75709, Cynamon, TCEP-77138 e TCEP-77136, foram tolerantes a 5mg/litro de Al^{3+} . Todos os cultivares de trigo e triticale foram sensíveis a 10mg/litro de Al^{3+} .

1. INTRODUÇÃO

O trigo tem sido muito estudado em relação a sua tolerância às condições de solo ácido. Estudos diferenciais da tolerância ao alumínio foram primeiramente mostrados por NEENAN (5), em 1960.

(1) Recebido para publicação a 18 de maio de 1982.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

sugerindo a possibilidade de obter linhagens adaptadas a altas concentrações de alumínio no solo. Cultivares de trigo têm sido separados em grupos de acordo com a sensibilidade ao alumínio existente no solo ou em soluções nutritivas (3, 6). Estudos feitos no Instituto Agronômico, por CAMARGO & OLIVEIRA (2), empregando soluções nutritivas com diferentes níveis de alumínio e temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, mostraram que os cultivares de trigo Siete Cerros e Tobari-66 foram sensíveis a 1 e 3mg/litro de alumínio respectivamente; Alondra-S-46, Alondra-S-45 e IAC-17 foram sensíveis a 6mg/litro e os BH-1146, IAC-5, IAC-18, IAC-13 e Londrina, tolerantes a 10mg/litro.

Nuttoson, citado por BENITEZ (1), informou que o centeio era capaz de mostrar bom desenvolvimento, mesmo em solos ácidos com elevados teores de alumínio, quando comparado com o trigo.

O triticale, sintetizado por cruzamento intergenérico entre trigo e centeio, tem mostrado grande potencial em relação à tolerância a solos ácidos. Há evidência de que algumas de suas linhagens são altamente tolerantes à toxicidade devida ao alumínio (1). SLOOTMAKER (6) sugeriu que esse alto nível de tolerância no triticale é devido à adição do genoma do centeio ao novo cereal.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a tolerância a diferentes níveis de alumínio de cultivares de centeio e linhagens de triticale em comparação com cultivares de trigo, em solução nutritiva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.), IAC-18, Siete Cerros, BR-1, IAC-5, BH-1146, IAC-17 e Tobari-66; o de trigo duro (*Triticum durum* L.), Cocorit; os de centeio (*Secale cereale* L.), Branco e Goyarowo, e as linhagens de triticale, PFT-763, TCEP-77142, PFT-764, TCEP-77138, TCEP-75709 e TCEP-77136, oriundas do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo (RS), foram testados em soluções nutritivas contendo 0, 5, 10 e 20mg/litro de alumínio.

O delineamento estatístico empregado no experimento foi de parcelas subdivididas (7), com duas repetições, onde as parcelas foram compostas pelas quatro diferentes concentrações de alumínio e, as subparcelas, pelos dezessete cultivares dos diferentes cereais de inverno citados. Os dados foram analisados considerando-se a média de crescimento da raiz das dez plântulas de cada cultivar após a influência prejudicial do alumínio na solução tratamento.

O método utilizado consistiu no seguinte:

As sementes dos dezessete cultivares considerados foram cuidadosamente lavadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 10% e

colocadas para germinar em caixas de Petri por 24 horas. Após esse tempo, as radículas estavam iniciando a emergência.

Foram escolhidas dez sementes uniformes de cada cultivar e colocadas sobre a superfície de quatro telas de náilon. Cada uma das telas contendo as sementes dos dezessete cultivares foi posta em contacto com a solução nutritiva completa existente em quatro vasilhas plásticas de 8,30 litros de capacidade cada uma.

A concentração final da solução nutritiva completa foi a seguinte: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4mM; MgSO_4 2mM; KNO_3 4mM; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,435mM; 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 nível da solução nas vasilhas plásticas foi tal de modo a tocar a parte de baixo da tela de náilon, de maneira que as sementes fossem mantidas úmidas e as radículas emergentes tivessem um pronto suprimento de nutrientes. O pH da solução foi previamente ajustado para 4,0 com solução de H_2SO_4 1N. A solução foi continuamente arejada e as vasilhas contendo as soluções, colocadas em banho-maria a $28 \pm 1^\circ\text{C}$ dentro do laboratório. As plantas foram mantidas com luz artificial, no período total do experimento.

Decorridas 48 horas nas condições descritas acima, cada plântula tinha três raízes primárias, uma mais longa medindo cerca de 40mm e duas mais curtas, localizadas lateralmente à primeira.

As quatro telas de náilon contendo dez plântulas de cada um dos dezessete cultivares foram transferidas para soluções de tratamento contendo respectivamente 0, 5, 10 e 20mg/litro de alumínio na forma de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.

A composição da solução tratamento foi basicamente um décimo da nutritiva completa, exceto que o fósforo foi omitido para evitar a possível precipitação do alumínio e o ferro foi adicionado em quantidade equivalente como FeCl_3 em substituição ao Fe-CYDTA , como foi descrito por MOORE et alii (4). Por causa da possibilidade da precipitação do alumínio como $\text{Al}(\text{OH})_3$, especial atenção foi dada a esse ponto. Antes de transferir as telas para as soluções de tratamentos, suficiente H_2SO_4 foi adicionado para trazer o pH para cerca de 4,2 e então a necessária quantidade de alumínio como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ foi colocada. O pH final foi ajustado para 4,0 com solução de H_2SO_4 1N, evitando-se adicionar solução de NaOH 1N, que poderia causar a precipitação do alumínio pelo menos no local da queda da gota. As plântulas ficaram crescendo por 48 horas nas soluções de tratamento, sendo então transferidas de volta para as vasilhas iniciais do experimento contendo solução nutritiva completa, onde permaneceu por 72 horas. O crescimento da raiz após esse período na solução completa depende da severidade da prévia solução tratamento. Com uma quantidade tóxica

de alumínio, as raízes primárias não crescem mais e permanecem grossas, mostrando no ápice uma injúria típica, com descoloramento. A quantidade de crescimento da raiz foi determinada, medindo-se o comprimento da raiz de cada plântula no final das 72 horas na solução nutritiva completa e subtraindo-se seu comprimento no final de crescimento na solução tratamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento médio das raízes dos cultivares das diferentes espécies estudadas, medidas após 72 horas de crescimento na solução nutritiva completa depois de 48 horas de crescimento na solução-tratamento contendo quatro diferentes concentrações de alumínio encontra-se no quadro 1. Na figura 1, estão representados em forma gráfica os comprimentos das raízes de alguns dos cultivares de trigo e triticales, em comparação com os dois cultivares de centeio em estudo.

QUADRO 1 — Comprimento médio das raízes de oito cultivares de trigo, sete cultivares de triticales e dois de centeio medidos após 72 horas de crescimento em solução nutritiva completa depois de crescimento na solução tratamento contendo quatro diferentes concentrações de alumínio, à temperatura de $28 \pm 1^\circ\text{C}$

| Espécie | Cultivar | Concentração de alumínio (mg/litro) | | | |
|--------------------|------------|-------------------------------------|------|------|-----|
| | | 0 | 5 | 10 | 20 |
| | | mm | | | |
| <i>T. aestivum</i> | BR-1 | 81,2 | 15,5 | 0,0 | 0,0 |
| <i>T. aestivum</i> | IAC-5 | 88,1 | 16,5 | 0,0 | 0,0 |
| <i>T. aestivum</i> | IAC-18 | 101,1 | 6,9 | 0,0 | 0,0 |
| <i>T. aestivum</i> | S. Cerros | 77,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| <i>T. aestivum</i> | BH-1146 | 79,1 | 12,1 | 0,0 | 0,0 |
| <i>T. aestivum</i> | IAC-17 | 70,2 | 1,9 | 0,0 | 0,0 |
| <i>T. aestivum</i> | Tobari-66 | 82,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| <i>T. durum</i> | Cocorit | 67,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Triticale | PFT-763 | 58,8 | 22,5 | 0,0 | 0,0 |
| Triticale | TCEP-77142 | 47,0 | 26,0 | 0,0 | 0,0 |
| Triticale | Cynamon | 46,0 | 40,3 | 0,0 | 0,0 |
| Triticale | PFT-764 | 51,9 | 23,0 | 0,0 | 0,0 |
| Triticale | TCEP-77138 | 47,7 | 24,9 | 0,0 | 0,0 |
| Triticale | TCEP-75709 | 56,4 | 35,8 | 0,0 | 0,0 |
| Triticale | TCEP-77136 | 55,6 | 13,0 | 0,0 | 0,0 |
| <i>S. cereale</i> | Branco | 54,1 | 58,6 | 30,4 | 7,6 |
| <i>S. cereale</i> | Goyarowo | 61,8 | 57,8 | 28,9 | 6,9 |

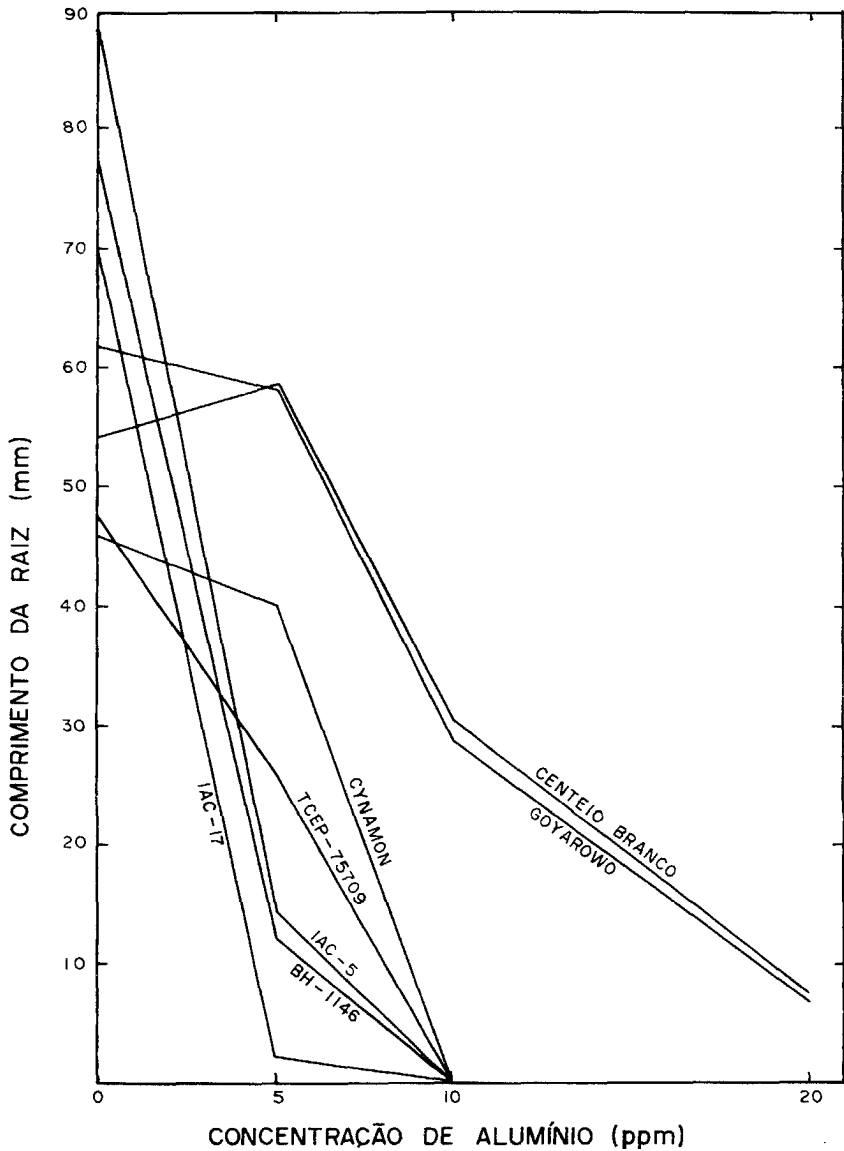


FIGURA 1 — Comprimento médio das raízes de dois cultivares de centeio (Branco e Goyarowo), dois de triticale (Cynamon e TCEP-75709) e três de trigo (IAC-17, BH-1146 e IAC-5) em soluções nutritivas após um tratamento com diferentes concentrações de alumínio a $28 \pm 1^\circ\text{C}$.

Os resultados desse experimento mostraram diferenças altamente significativas para concentrações de alumínio, cultivares e interação cultivares x concentrações de alumínio.

Observando-se as médias dos diferentes cultivares de trigo estudados em solução sem Al^{3+} , verifica-se que o IAC-18 foi o que apresentou maior comprimento das raízes, em relação aos demais cultivares estudados, enquanto o Cocorit apresentou o menor crescimento.

Os cultivares de triticale produziram raízes menos desenvolvidas em relação aos de trigo em solução nutritiva com ausência de Al^{3+} : o PFT-763 foi o que apresentou maior comprimento de raízes.

Os crescimentos das raízes dos dois cultivares de centeio não diferiram entre si, porém apresentaram menor crescimento relativo a todos os cultivares de trigo testados em solução sem Al^{3+} .

Considerando-se a concentração de 5mg/litro de Al^{3+} , pode-se verificar que os cultivares de centeio Goyarowo e Branco não diferiram entre si, porém apresentaram maior crescimento das raízes quando comparados com todos os cultivares de trigo e triticale. Nessas condições, os cultivares de trigo Siete Cerros, Tobari-66 e Cocorit foram totalmente sensíveis; BH-1146, BR-1, IAC-5, IAC-18 e IAC-17 foram tolerantes a 5mg/litro. Todos os cultivares de triticale foram mais tolerantes do que os de trigo nesse nível de alumínio, com exceção do cultivar TCEP-77136, que apresentou raízes com menor crescimento do que os cultivares de trigo IAC-5 e BR-1.

Todos os cultivares de trigo e triticale foram sensíveis a 10 e 20mg/litro de Al^{3+} , enquanto os dois cultivares de centeio se mostraram tolerantes.

Observando-se o comprimento das raízes de cada cultivar nas diferentes concentrações de alumínio, verificou-se que, aumentando a concentração desse metal, o crescimento das raízes diminuiu. A intensidade dessa diminuição mede o grau de tolerância de cada cultivar.

Os resultados indicaram que, entre os cultivares de trigo, Siete Cerros, Tobari-66 e Cocorit foram sensíveis ao alumínio; IAC-17, moderadamente tolerante e BR-1, IAC-5, BH-1146 e IAC-18, tolerantes. Os cultivares de triticale foram tolerantes ao alumínio e os dois cultivares de centeio estudados foram altamente tolerantes a altas concentrações de alumínio na solução, confirmando sua grande adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade do Estado de São Paulo.

Os cultivares de triticale juntamente com os de centeio seriam uma opção para plantio no inverno em solos ácidos com alta disponibilidade de alumínio no solo e subsolo, onde os cultivares de trigo mais tolerantes ao alumínio não teriam condições de adaptação.

4. CONCLUSÕES

a) Os cultivares de centeio Goyarowo e Branco foram tolerantes a 20mg/litro de Al^{3+} na solução nutritiva, mantendo-se constante a temperatura de 28 ± 1 °C.

b) Os cultivares de trigo Siete Cerros, Tobari-66 e Cocorit foram sensíveis a 5mg/litro de Al^{3+} , BH-1146, BR-1, IAC-5 e IAC-18 foram tolerantes, e IAC-17 apresentou-se moderadamente tolerante.

c) Todos os cultivares de triticale foram mais tolerantes do que os de trigo a 5mg/litro de Al^{3+} , mostrando que parte dessa tolerância foi transferida da espécie centeio para triticale.

d) Todos os cultivares de trigo e triticale foram sensíveis a 10mg/litro de Al^{3+} na solução nutritiva.

SUMMARY

TOLERANCE OF WHEAT, TRITICALE AND RYE CULTIVARS TO DIFFERENT LEVELS OF ALUMINUM IN NUTRIENT SOLUTION

Seven bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, one durum wheat (*Triticum durum* L.) cultivar, seven triticale cultivars and two rye cultivars (*Secale cereale* L.) were studied to aluminum toxicity using four different levels of this element in nutrient solutions at constant temperature (28 °C \pm 1 °C). The tolerance was measured taking into account the root growth in an aluminum-free complete nutrient solution after a previous Al^{3+} treatment. With a toxic concentration of aluminum, the primary roots did not grow at all and remained thickened at the tip as a typical aluminum injury. The rye cultivars: Goyarowo and Branco were tolerant to 20 ppm of Al^{3+} ; the bread wheat cultivars Siete Cerros and Tobari and the durum wheat Cocorit were sensitive to 5 ppm of Al^{3+} , BH-1146, IAC-5, BR-1 and IAC-18 were tolerant while the cultivar IAC-17 showed moderate tolerance to 5 ppm of Al^{3+} ; the triticale cultivars, PFT-763, TCEP-77142, PFT-764, TCEP-77138, TCEP-77136, TCEP-75709 and Cynamon were tolerant to 5 ppm of Al^{3+} . All wheat and triticale cultivars were very sensitive to 10 ppm of Al^{3+} . These results showed the possibility to grow rye as an optional culture during the winter time, under acid soils with high aluminum, in the State of São Paulo, Brazil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENITEZ, A. L. Influence of aluminum toxicity in intergeneric crosses of wheat and rye. Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1977. 107 fl. (Tese de Doutorado)
2. CAMARGO, C. E. O. & OLIVEIRA, O. F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. Bragança, Campinas, 40:21-31, 1981.
3. KERRIDGE, P. C. Aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum* Vill. Host). Corvallis, Universidade Estadual de Oregon, 1969. 170 fl. (Tese de Doutorado)

4. MOORE, D. P.; KRONSTAD, W. E.; METZGER, R. Screening wheat for aluminum tolerance. In: PROCEEDINGS OF WORKSHOP ON PLANT ADAPTATIONS TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS. Beltsville, Maryland, 1976. p.287-295.
5. NEENAN, M. The effect of soil acidity on the growth of cereals with particular reference to the differential reaction of varieties thereto. *Plant and Soil*, 12:324-337, 1960.
6. SLOOTMAKER, L. A. J. Tolerance to high soil acidity in wheat related species, rye and triticale. *Euphytica*, 22:324-329, 1974.
7. STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.