

## INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DE RAIZ PELO ALUMÍNIO E TOXIDEZ POR PRÓTONS EM MILHO

Vera Maria Carvalho Alves<sup>(1)</sup>, Gilson Villaça Exel Pitta<sup>(1)</sup>, Sidney Neto Parentoni<sup>(1)</sup>, Robert Eugene Schaffert<sup>(1)</sup>. <sup>(1)</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, 35701-970, Sete Lagoas, MG, E-mail: vera@cnpms.embrapa.br.

A toxidez de alumínio (Al) é considerada um importante fator que limita a produção das culturas em solos ácidos. O primeiro sintoma de toxidez de alumínio é a inibição da elongação da raiz, o qual ocorre cerca de 1-2 h após a exposição a Al (Kochian, 1995). Por esta razão, a avaliação do crescimento radicular tem sido amplamente utilizada como indicadora de tolerância ao alumínio, principalmente em experimentos de seleção em solução nutritiva.

Na maioria dos solos ácidos com pH superior a 4, a alta concentração de alumínio é provavelmente um fator mais importante para limitar a produtividade do que a alta atividade de prótons. Estudos têm demonstrado interação entre toxidez de alumínio e de prótons em diferentes culturas como soja, feijão (Lazof & Holland, 1999) e milho (Llugany et al., 1995; Gunsé et al., 1997), enfatizando a necessidade de se caracterizar genótipos para ambos os estresses para o melhor entendimento dos mecanismos de tolerância.

O objetivo deste trabalho foi o de investigar a tolerância diferencial de linhagens de milho ao alumínio e sua interação com alta atividade de prótons, em solução nutritiva. Foram conduzidos dois experimentos:

*Experimento 1.* Foram avaliadas seis linhagens de milho, provenientes do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo (Cateto, L 1154, L 3, SLP 181, L 36 e L 53) e quatro doses de alumínio (0, 55, 111 e 222  $\mu\text{M}$  de Al). Após desinfecção (solução de hipoclorito de sódio a 5% de concentração, por 15 min) e germinação das sementes, sete plântulas de cada linhagem foram transferidas para bandejas plásticas contendo 8,5 litros de solução nutritiva de Clark, adaptada por Magnavaca (1982), pH 4.0. Decorridas 24 horas, a solução nutritiva foi substituída por outra, de constituição idêntica, contendo as quatro doses de alumínio, na forma de  $\text{Al}_2\text{K}(\text{SO}_4)$ . O comprimento da raiz seminal foi avaliado imediatamente antes da troca de solução nutritiva e após 1, 2, 3, 4 e 5 dias de tratamento. O experimento foi composto por um fatorial 6 x 4 (seis linhagens e quatro doses de alumínio), distribuído em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Cada repetição foi composta por sete plantas.

*Experimento 2.* Foram utilizadas as mesmas linhagens de milho do experimento anterior, previamente caracterizadas quanto à tolerância ao alumínio (Cateto, L 1154, L 3 e SLP 181, tolerantes ao Al e L 36 e L 53, sensíveis ao Al). A desinfecção, germinação das sementes e solução nutritiva utilizada foram similares ao experimento anterior. Sete plântulas de cada linhagem foram transferidas para bandejas plásticas contendo 8,5 litros de solução nutritiva na presença de quatro valores de pH (3,8, 4,2, 4,6 e 5,0). O comprimento da raiz seminal foi avaliado imediatamente antes do transplante e após 5 dias de tratamento. O experimento foi composto por um fatorial 6 x 4 (seis linhagens e quatro valores de pH), distribuído em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Cada repetição foi composta por sete plantas.

Verificou-se que a dose de 222  $\mu\text{M}$  de Al permitiu a melhor distinção entre os materiais tolerantes e sensíveis, visto que em doses mais baixas houve estímulo do crescimento radicular, principalmente das linhagens SLP 181 e L 3 (Figura 1). As linhagens Cateto e SLP foram as mais tolerantes ao alumínio, sem redução no crescimento radicular, seguidas pela L 3 e L 1154, com pequenas reduções (4 e 18 %, respectivamente). As linhagens L 36 e L 53 foram sensíveis ao alumínio, com redução no crescimento do sistema radicular de 65 e 74%, respectivamente, em relação à testemunha sem alumínio (Figura 1).

Aumentos transientes na taxa de crescimento radicular em doses sub-tóxicas de alumínio têm sido observados em diferentes espécies de plantas como arroz, milho e algumas dicotiledoneas, sendo geralmente maiores em cultivares tolerantes que em cultivares sensíveis. Algumas proposições sobre os mecanismos pelos quais baixas concentrações de alumínio podem estimular o crescimento de plantas incluem alterações na distribuição de substâncias de crescimento e prevenção da toxidez de cobre e manganês (Llugany et al., 1995). Trabalhos conduzidos por Kinraide et al. (1992, 1994) demonstram que o cálcio pode desempenhar um papel específico no alívio da toxidez por alta atividade de prótons, mas que este efeito pode também ser desempenhado por outros cátions, inclusive pelo Al. O  $\text{Al}^{3+}$ , por ser um cátion trivalente, pode reduzir a negatividade da superfície celular e conseqüentemente reduzir atividade do  $\text{H}^+$  na superfície da membrana celular. Entretanto, este estímulo do crescimento é um fenômeno temporário e a toxidez se manifesta após determinado período de tratamento, o que pode ser observado na Figura 2. No quinto dia de tratamento com alumínio, o efeito do estímulo de crescimento nas doses de 55 e 111  $\mu\text{M}$  de Al foi completa ou parcialmente revertido nas linhagens L 3 e SLP 181.

As linhagens de milho mais sensíveis a baixo pH foram L 36, L 3, L 53 e L 1154, que aumentaram o crescimento radicular em 30, 27, 22 e 19 %, respectivamente após cinco dias de

tratamento, quando o pH da solução nutritiva aumentou de 3,8 para 4,2 (Figura 3). A linhagem L 3 chegou a aumentar o crescimento da raiz seminal em 40% quando o pH passou de 3,8 para 4,6. O crescimento da raiz seminal da linhagem SLP 181 não foi afetado pelo pH da solução e o da Cateto aumentou 18% quando o pH passou de 3,8 para 5,0. Pelos resultados apresentados pode-se concluir que em milho não houve uma correlação definida entre tolerância a alumínio e tolerância a alta atividade de prótons em solução nutritiva, visto que as linhagens L 3 e L 1154 são tolerantes a Al e as linhagens L 36 e L 53, sensíveis.

Com relação a hipótese de que o  $Al^{3+}$ , por ser um cátion trivalente, pode reduzir a negatividade da superfície celular e conseqüentemente a reduzir atividade de  $H^+$  na superfície da membrana celular, provocando estímulo temporário no crescimento radicular, a linhagem L 3 apresentou estímulo de crescimento nas doses de 55 e 111  $\mu M$  de Al e sensibilidade a alta atividade de prótons. Por outro lado, a linhagem SLP 181 que apresentou estímulo ao crescimento radicular, foi insensível a diferentes valores de pH da solução nutritiva.

### Referência Bibliográfica

- GUNSE, B.; POSCHENRIEDER, C, & BARCELÓ, J. Water transport properties of roots and root cortical cells in proton- and Al-stressed maize varieties. *Plant Physiology*, 113:595-602, 1997.
- KINRAIDE, T.B.; RYAN, P.R. & KOCHIAN. L.V. Interactive effects of  $Al^{3+}$ ,  $H^+$ , and other cations on root elongation considered in terms of cell-surface electrical potential. *Plant Physiology*, 99:1461-1468, 1992.
- KINRAIDE, T.B.; RYAN, P.R. & KOCHIAN. L.V.  $Al^{3+}$ - $Ca^{2+}$  interactions in aluminum rhizotoxicity. II. Evaluating the  $Ca^{2+}$ -displacement hypothesis. *Planta*, 192:104-109, 1994.
- KOCHIAN. L.V. Cellular mechanisms of aluminium toxicity and resistance in plants. *Ann. Ver. Plant Mol. Biol.*, 46:237-260, 1995.
- LLUGANY, M.; POSCHENRIEDER, C, & BARCELÓ, J. Monitoring os aluminium inhibition of root elongation in four maize cultivars differing in tolerance to aluminium and proton toxicity. *Physiologia Plantarum*, 93:265-271, 1995.
- MAGNAVACA, R. Genetic variability and the inheritance of aluminum tolerance in maize (*Zea mays* L.). Lincoln/Nebraska, s.ed., 1982. (tese de PhD).

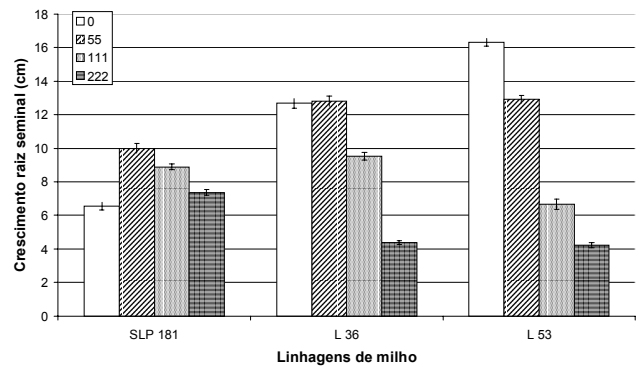
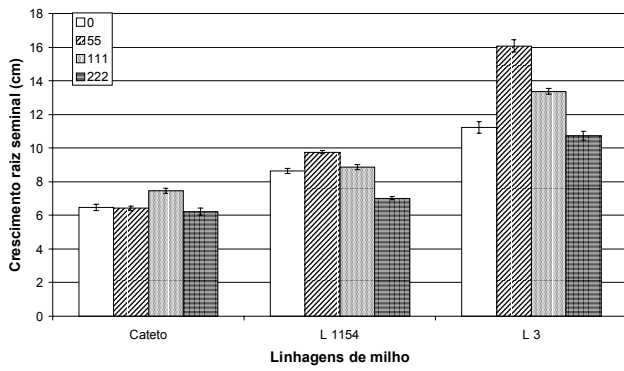


Figura 1. Crescimento de raiz seminal (cm) em solução nutritiva de seis linhagens de milho tolerantes (Cateto, L1154, L3, SLP 181) e sensíveis (L36 e L53) ao alumínio nas doses de 0, 55, 111 e 222  $\mu\text{M}$  de Al, após cinco dias de tratamento.

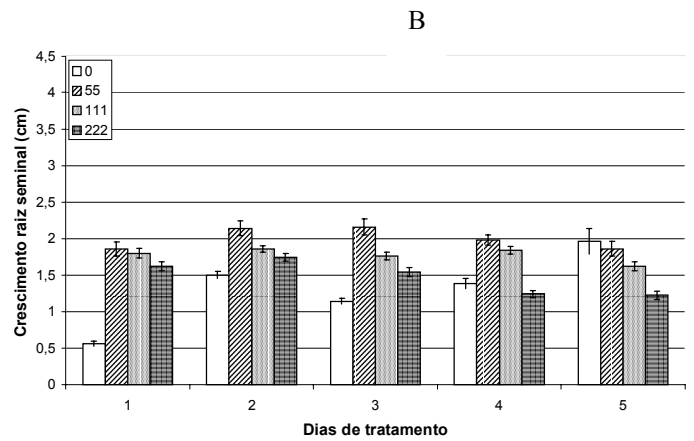
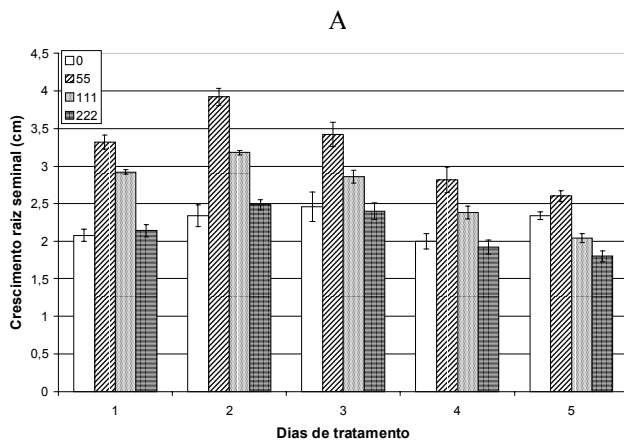


Figura 2. Crescimento diário da raiz seminal (cm) das linhagens de milho L 3 (A) e SLP 181 (B), em solução nutritiva, nas doses de 0, 55, 111 e 222  $\mu\text{M}$  de Al.

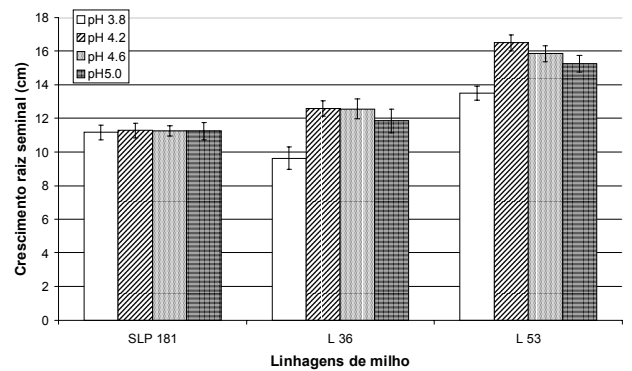
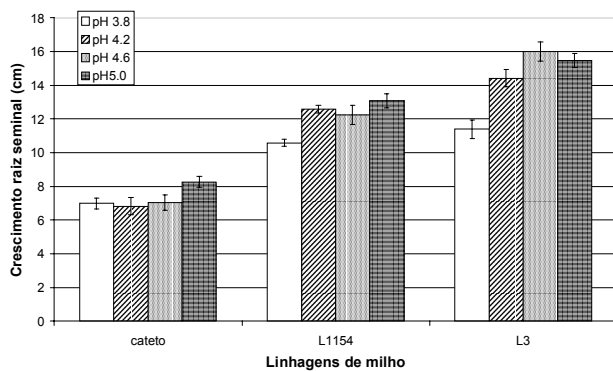


Figura 3. Crescimento de raiz seminal (cm) em solução nutritiva de seis linhagens de milho tolerantes (Cateto, L1154, L3, SLP 181) e sensíveis (L36 e L53) ao alumínio em diferentes pH (3,8, 4,2, 4,6 e 5,0), após cinco dias de tratamento.