



Efeitos do alumínio tóxico sobre o desenvolvimento de cana de açúcar forrageira: metodologia de avaliação

Maurício Marini Köpp¹, Aline Luciano Filgueiras², Rafael Marques², Gislaine Rodrigues Kelmer², Fábio de Souza Fernandes², Audrey Moraes da Costa², Glauber Barbachan³, Leônidas Paixão Passos⁴

¹Pesquisador da Embrapa Pecuária Sul – CPPSUL, Bagé-RS. e-mail: mauricio.kopp@cppsul.embrapa.br

²Acadêmico do curso de Química, bolsista de iniciação científica Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora-MG.

³Acadêmico do curso de Agronomia, bolsista de iniciação científica Universidade da Região da Campanha – URCAMP, Bagé-RS.

⁴Pesquisador da Embrapa Gado de Leite – CNPGL, Juiz de Fora-MG.

Resumo: O Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar e vem utilizando de maneira crescente na alimentação animal. Um dos fatores limitantes a expansão de cultivo é a presença de solos ácidos com elevados níveis de alumínio tóxico. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito tóxico do Al^{3+} sobre o desenvolvimento da cana de açúcar forrageira cv IAC 86-2480 e validar uma metodologia de avaliação. A metodologia utilizada consiste da utilização de sistema de hidroponia sob condições controladas com solução nutritiva incompleta (suprimidos os elementos Fe e P) sob os seguintes tratamentos por 30 dias: solução completa pH 6; solução incompleta pH 4,0 e solução incompleta com pH 4,0 e 6 ppm de Al^{3+} . As variáveis analisadas foram: comprimento, massa fresca e volume de raízes; comprimento e massa fresca de parte aérea e teor de clorofila estimado por SPAD. Os dados foram submetidos a análise estatística e os resultados permitiram concluir que a dose de 6 ppm de Al^{3+} foi eficiente em manifestar toxidez. A maior toxidez foi claramente observada nas variáveis de raízes, onde o comprimento, massa fresca e volume de raízes são as mais indicadas para avaliação do estresse, pois apresentaram reduções em torno de 40% quando cultivadas em solução ácida e 70% quando em presença de Al.

Palavras-chave: Estresse abiótico, Fitotoxidez, *Saccharum officinarum*

Effects of aluminum toxicity on the development of sugarcane for forage purpose: assessment methodology

Abstract: Brazil is the largest producer of sugarcane and has been using it on animal feed in an increasing way. One of the factors limiting the expansion of culture is the presence of acidic soils with high levels of aluminum toxicity. The objective of this study was to evaluate the toxic effect of Al^{3+} on the development of sugarcane for forage cv IAC 86-2480 and to validate an evaluation methodology. The methodology applied consists of the use of hydroponic system under controlled conditions with incomplete nutrient solution (suppressed the elements: Fe and P) on the following treatments within 30 days: complete solution, pH 6.0; incomplete solution, pH 4.0; and incomplete solution, pH 4.0 and 6.0 ppm of Al^{3+} . The analyzed variables were: root length, root fresh weight, root volume, shoot length, shoot fresh weight, and chlorophyll content estimated by SPAD. The data were statistically analyzed and the results allowed concluding that the dose of 6 ppm Al^{3+} was efficient in expressing the aluminum toxicity. The highest toxicity symptoms were clearly observed in the root system, where the length, fresh weight, and volume of roots are the most suitable variables for the stress evaluation. Those three variables presenting levels decreased around 40% (acid solution) and 70% (acid solution plus Al^{3+} presence).

Keywords: Abiotic stress, phytotoxicity, *Saccharum officinarum*

Introdução

O Brasil é o maior produtor de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) do mundo com uma área cultivada de aproximadamente 5,5 milhões de hectares. A cana vem sendo muito utilizada como recurso forrageiro na alimentação animal como fonte de energia, destinando aproximadamente 10% da produção nacional ou 30 milhões de toneladas de forragem verde para esse fim (Nussio et al., 2007). A variedade IAC 86-2480, tem sido muito cultivada em todo território brasileiro, apresentando resultados de manejo e ganhos de peso animal bastante expressivo principalmente devido a sua maior digestibilidade em função da menor relação FDN/POL.

Uma das principais limitações da produção de forragem nos trópicos está relacionada a ocorrência de solos ácidos. Em torno de 30 % da área da crosta terrestre é composta de solos ácidos ($pH \leq 5,5$), o que corresponde a mais de 50 % dos solos potencialmente agricultáveis no mundo, sendo que as regiões tropicais e subtropicais contam com a maior porção (60 %) (Yamada, 2005). No Brasil, os solos ácidos estão geralmente associados a um elevado nível de alumínio, o qual intoxica as plantas e provoca considerável redução na produtividade. A toxidez por alumínio restringe a absorção de nutrientes e água, sendo um dos fatores mais limitantes para a produção vegetal em solos ácidos. Nessas circunstâncias, ocorre redução na concentração de cálcio e magnésio reduzindo o



crescimento e produtividade das plantas e diminuindo a disponibilidade de fósforo devido à adsorção e precipitação por ferro e alumínio (Zsoldos et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito tóxico do Al^{3+} sobre o desenvolvimento da cana de açúcar forrageira c.v. IAC 86-2480 e validar a metodologia de avaliação apresentada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia e Fisiologia Vegetal pertencente à Embrapa Gado de Leite, na cidade de Juiz de Fora, MG. Foram utilizados explantes (meristemas axilares) de plantas jovens do genótipo IAC 86-2480, coletados em casa de vegetação, introduzidos e cultivados *in vitro* em regime miniaturizado, em meio MS. Em seguida as plântulas foram pré-cultivadas em solução nutritiva de Clark (Clark, 1975) modificada com 4x a concentração de ferro por 7 dias. Após o período de adaptação, foram selecionadas plantas de desenvolvimento uniforme, cortadas as raízes e transferidas para potes individuais contendo solução, com aeração e os tratamentos: 1) Solução completa com pH 6; 2) Solução incompleta com pH 4,0 e 3) Solução incompleta com pH 4,0 e 6 ppm de Al^{3+} . Na solução incompleta foram suprimidos os nutrientes ferro e fósforo.

O delineamento utilizado foi fatorial de blocos ao acaso com 6 repetições e o experimento foi repetido em duas épocas. Decorridos 30 dias de crescimento, as plantas foram avaliadas quanto os seguintes caracteres: comprimento, massa fresca e volume de raízes; comprimento e massa fresca de parte aérea e teor de clorofila estimado por SPAD. Todas as etapas foram realizadas em câmara com controle ambiental (240 mol/s.m² de irradiância, 30 ± 2°C, 86 ± 4% de U.R. e 16 horas de fotoperíodo), troca semanal da solução nutritiva, registro e ajuste do valor de pH de acordo com os tratamentos.

Após realizadas as avaliações, as amostras de parte aérea e raízes foram estocadas a -80°C para posterior estudo de exsudação de molécula pelas plântulas em resposta ao estresse. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de comparação de médias (Scott Knott $p \leq 0,05$) considerando o efeito dos fatores tratamento fixos.

Resultados e Discussão

A partir dos resultados da análise de variância (dados não apresentados), pode ser observado que não houve efeito significativo da interação entre tratamentos e época para nenhuma variável analisada indicando que os resultados independem da época de avaliação do experimento quando realizado em ambiente controlado. O fator de tratamento “época” manifestou efeito significativo apenas nas variáveis teor de clorofila e volume de raízes indicando que estas variáveis podem apresentar valores de magnitudes diferentes quando avaliadas em épocas distintas, porém não comprometendo as conclusões dos trabalhos em função de apresentarem variações similares frente as mudanças de tratamentos submetidas. Já para o fator “tratamento” foi verificado que apenas a variável teor de clorofila não apresentou variação significativa, não sendo recomendada sua utilização por não demonstrar diferenças em relação a presença dos estresses avaliados. Cabe destacar que os coeficientes de variação das variáveis analisadas apresentaram valores entre 19,01 e 33,82 demonstrando resultados de elevada acurácia, permitindo conclusões seguras pois os maiores valores foram verificados para caracteres de raízes que geralmente apresentam CV elevados (Zsoldos et al., 2001).

Na Figura 1 pode ser visualizado a amplitude média de variação do pH da solução nutritiva para cada um dos três tratamentos avaliados nos dois experimentos realizados pelo período de 30 dias. Percebe-se que pH variou menos de 0,5 em qualquer situação considerada. Cabe destacar que o valor de pH das soluções utilizadas foram avaliados a cada dois dias aproximadamente e sempre corrigidos para os valores determinados, o que explica de maneira substancial a estabilidade deste fator frente ao intervalo de experimentação de 30 dias.

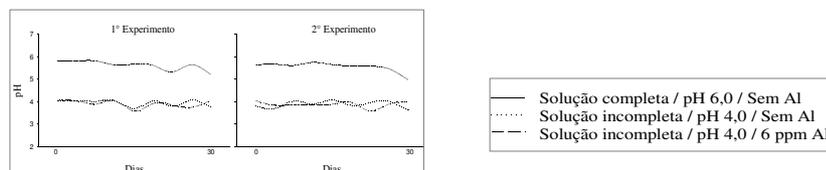


Figura 1. Variação de pH da solução nutritiva durante o período de execução dos experimentos (30 dias).

Na Figura 2 destaca-se que as variáveis relacionadas a raízes apresentaram maior responsividade do baixo pH da solução e da presença de alumínio tóxico e as variáveis de parte aérea foram menos suscetíveis aos tratamentos submetidos. A maior variação observada foi na variável comprimento de raízes onde a redução observada foi de 48% quando as plantas foram submetidas a crescimento em solução incompleta e pH 4,0 e 69,5% quando as plantas se desenvolveram sob solução incompleta, pH 4,0 e presença de 6 ppm de Al^{3+} . As variáveis massa fresca e volume de raízes também apresentaram variação significativa com reduções de aproximadamente



40% e 62% quando em presença de pH baixo e Al tóxico, respectivamente, demonstrando claramente o efeito fitotóxico dos tratamentos utilizados sendo recomendadas para estudos de toxidez ao alumínio.

As variáveis relativas ao comportamento de parte aérea apresentaram variações de magnitudes menores quando comparadas aos parâmetros de raízes. A variável teor de clorofila não variou em função de nenhum dos tratamentos avaliados (pH ácido e presença de Al) não sendo recomendada sua utilização em estudos desta natureza. Já a variável comprimento de parte aérea variou apenas quando aplicado Al tóxico ao sistema, não sendo suscetível a variações de pH do meio de cultura. Cabe destacar que esta variável foi eficiente em discriminar o efeito tóxico do Al, porém com redução de apenas 26%, ou seja, é uma variável de baixa reposta a toxidez devendo ser utilizada como critério auxiliar em estudos de toxidez por Al. Já a variável massa fresca de parte aérea, apresentou variação significativa quando as plantas se desenvolveram tanto em pH baixo quanto em pH baixo e presença de Al em uma escala praticamente linear e de elevada magnitude com reduções de 32 e 58% respectivamente, indicando ser uma variável também indicada para o estudo.

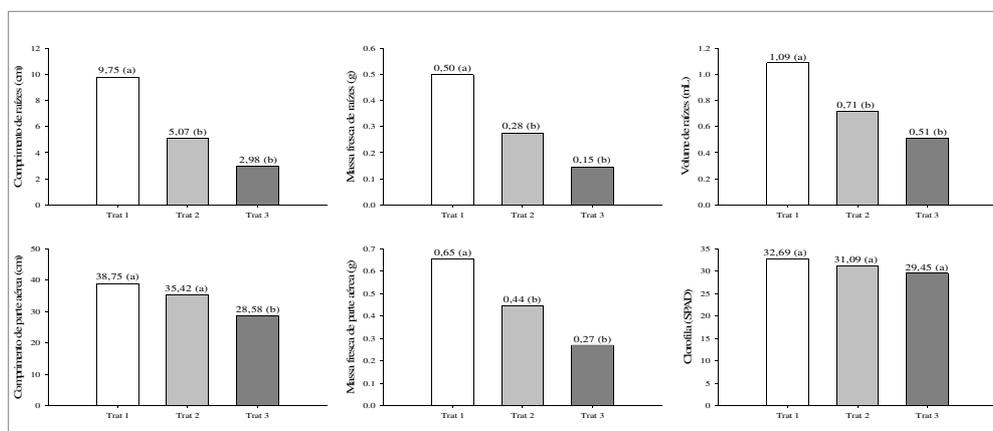


Figura 2. Efeito da acidificação e presença de Al³⁺ na solução nutritiva de cana de açúcar genótipo IAC 86-2480.

A metodologia proposta está fundamentalmente baseada na maior aproximação das condições encontradas a campo, principalmente na utilização de doses de alumínio similares as encontradas na pratica. Segundo Epstein (1972), os solos apresentam níveis de alumínio de até 10 ppm, no entanto a grande maioria dos estudos utilizam doses muito maiores, que acabam comprometendo as conclusões em função de causarem efeitos fisiológicos distintos as plantas. A presente proposta sugere a utilização de solução nutritiva incompleta com a supressão dos elementos fósforo e ferro do meio de cultivo sob presença do Al³⁺. Estes elementos podem ser fornecidos em uma fase anterior, pois como são móveis (P) ou parcialmente móveis (Fe) no floema (Epstein, 1972), podem ser estocados e posteriormente translocados de acordo com as necessidades da planta.

Conclusões

A metodologia proposta é eficiente para estudo e expressão da toxidez por alumínio em solução nutritiva em cana de açúcar sendo recomendada sua utilização por representar de maneira mais similar as condições de toxidez por Al de campo. A dose de 6 ppm de Al³⁺ manifesta toxidez de grau médio segundo a metodologia proposta e as variáveis comprimento, massa fresca e volume de raízes são as mais indicadas para avaliação de toxidez. As variáveis comprimento e massa fresca de parte aérea podem ser utilizadas como critérios complementares na avaliação da toxidez por Al segundo a metodologia proposta.

Literatura citada

- CLARK, J. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **Journal of Agricultural and Food Chemical**, v.23, p.458-460, 1975.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. John Wiley and Sons, New York. 1972, 412p.
- NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; QUEIROZ, O.C.M. Estratégias para produção de bovinos diante da expansão da cultura canavieira. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p.243-272.
- YAMADA, T. The Cerrado of Brazil: A success story of production on acid soils. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.51, p.617-620, 2005.
- ZSOLDOS, F.; VASHEGYI, A.; PECSVARADI, A.; SZEGLETES, Z. Growth and potassium transport in common and durum wheat as affected by aluminum and nitrite stress. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.345-356, 2001.