



Avaliação da toxidez por cromo em 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: A cana de açúcar vem sendo utilizada de maneira crescente na alimentação animal, porém a presença de solos ácidos com elevados níveis de cromo tóxico pode diminuir sua produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito tóxico do Cr(III) 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 hidroponia sob condições controladas com solução nutritiva incompleta (suprimidos os elementos Fe e P) sob os seguintes tratamentos: solução completa pH 6; solução incompleta pH 4,0 e solução incompleta com pH 4,0 e 5 ppm de Cr(III). As variáveis analisadas foram: comprimento, massa fresca e volume de raízes; comprimento e massa fresca de parte aérea e teor de clorofila. Os dados foram submetidos a análise estatística e os resultados permitiram concluir que a dose de 5 ppm de Cr(III) foi eficiente em manifestar toxidez. Todas as variáveis com exceção de teor de clorofila apresentaram reduções significativas de aproximadamente 60% e são recomendadas para avaliação da toxidez.

Palavras-chave: estresse, forragicultura, hidroponia, *Saccharum officinarum*

Assessment of toxicity chromium toxicity in sugarcane for forage purpose: evaluation methodology

Abstract: Sugarcane has been used in an increasing manner in the animal feed, but the presence of acid soils with high levels of toxic chromium can decrease its productivity. The objective of this study was to evaluate the toxicity of chromium (III) on the development sugarcane for forage purpose (cultivar IAC 86-2480) and to validate a methodology evaluation. The methodology employed consists of using hydroponics under controlled conditions with incomplete nutrient solution (deleted elements Fe, P) under the following treatment: complete solution (pH 6.0); incomplete solution (pH 4.0); and incomplete solution (pH 4.0 plus 5 ppm Cr(III)). The variables analyzed were: length, fresh weight, and volume of roots; length and fresh weight of shoot; and chlorophyll content. Data were statistically analyzed. The results showed that the dose of 5 ppm Cr(III) was efficient in expressing toxicity effects. All variables, with the exception of chlorophyll content, had significant reductions of approximately 60% and thereby are recommended for toxicity evaluation.

Keywords: stress, forage crops, hydroponics, *Saccharum officinarum*

Introdução

A maior produção mundial de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) está concentrada no Brasil com uma área cultivada de aproximadamente 5,5 milhões de hectares. A cana vem sendo utilizada como recurso forrageiro para alimentação animal como fonte de energia. Estima-se que 10% da produção nacional é utilizada na alimentação animal o que representa uma produção de aproximadamente 30 milhões de toneladas de forragem verde (Nussio et al., 2007). A variedade IAC 86-2480 tem sido muito cultivada em todo território brasileiro, apresentando resultados promissores e bastante expressivos principalmente devido a sua maior digestibilidade.

A expansão do cultivo de cana vem se deparando com problemas de estresse abiótico entre eles a toxidez por cromo, que está ganhando importância, pois sua liberação no meio ambiente seja pela indústria ou na forma de resíduo de agrotóxicos está causando contaminação dos solos brasileiros (Nriagu & Pacyna, 1988). O cromo, por apresentar potencial redox, participa das reações de Fenton, onde há liberação de espécies oxidantes reativas (do inglês, ROS) como O²⁻, OH⁻. As ROS produzidas são responsáveis pelo estresse oxidativo nas células das plantas podendo levar a morte (Vernay et al., 2008). As principais alterações causadas pelo cromo são: inibição na germinação, no crescimento, na produção de pigmentos foliares, carboidratos e proteínas (Panda & Chaudhury, 2005) causando reduções acentuadas de produtividade. Reações indutoras de resistência ao cromo tóxico ainda não foram descritas em plantas, somente em microrganismos (Cervantes et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito tóxico do Cr (III) sobre o desenvolvimento da cana de açúcar forrageira cv 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. Foram utilizados 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 uniforme, cortadas as raízes e transferidas para potes individuais contendo solução de Clark, com aeração e os tratamentos: 1) Solução completa com pH 6,0; 2) Solução incompleta com pH 4,0 e 3) Solução incompleta com pH 4,0 e 5 ppm de Cr (III). 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 biologia avançada. 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 para todas as variáveis estudadas indicando que elas 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 13,2 e 35,7 demonstrando que os resultados proporcionam elevada acurácia, permitindo conclusões seguras, pois os maiores valores foram verificados para caracteres de raízes que geralmente apresentam CV elevados (Vernay et al., 2008).

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 0,9 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.

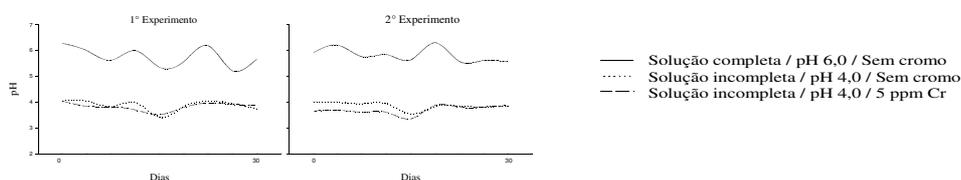


Figura 1. Variação de pH da solução nutritiva durante o período de execução do experimento (30 dias).

A dose utilizada no estudo foi eficiente em manifestar um nível adequado de toxidez para prospecção e estudos de variabilidade genética para o caráter. A utilização de doses mais elevadas causam danos muito acentuados chegando a inviabilizar os estudos pela morte das plantas. De maneira contrária, doses muito baixas (abaixo de 5 ppm) não manifestam toxidez, acarretando em falta de efeito fisiológico e consequentemente prejudicando as conclusões obtidas pelos trabalhos (Panda & Chaudhury, 2005).

Na Figura 2 destaca-se que as variáveis relacionadas a raízes apresentaram maior suscetibilidade ao baixo pH da solução e ao cromo tóxico e as variáveis de parte aérea foram menos suscetíveis ao pH baixo porém sensíveis a presença de cromo. O maior efeito da presença de cromo na solução nutritiva foi observado nas variáveis comprimento, volume e massa seca de raízes e massa fresca de parte aérea com reduções em torno de 60%. O Cr apresentou fitotoxidez em todas variáveis analisadas com exceção de teor de clorofila. Percebe-se que a única variável que apresentou diferença entre acidez da solução nutritiva e presença de cromo foi comprimento de raízes



com médias diferentes para as três situações avaliadas, indicando ser uma variável extremamente responsiva ao estresse e indicada para avaliação da toxidez.

O efeito do baixo pH de 4,0 da solução nutritiva pode ser observado nas variáveis relativas ao sistema de raízes, onde ocorreu redução significativa para todas as variáveis com reduções de 28, 31 e 48% para as variáveis comprimento, massa fresca e volume de raízes respectivamente. Já as variáveis relativas a parte aérea, com exceção de teor de clorofila, sofreram um pequeno acréscimo de valor, 101 e 104% para comprimento e massa fresca de parte aérea respectivamente, o que talvez indique uma resposta da planta em mitigar os efeitos nocivos no sistema radicular. A variável teor de clorofila não variou em função de nenhum dos tratamentos avaliados (pH ácido e presença de Cr) não sendo recomendada sua utilização em estudos desta natureza.

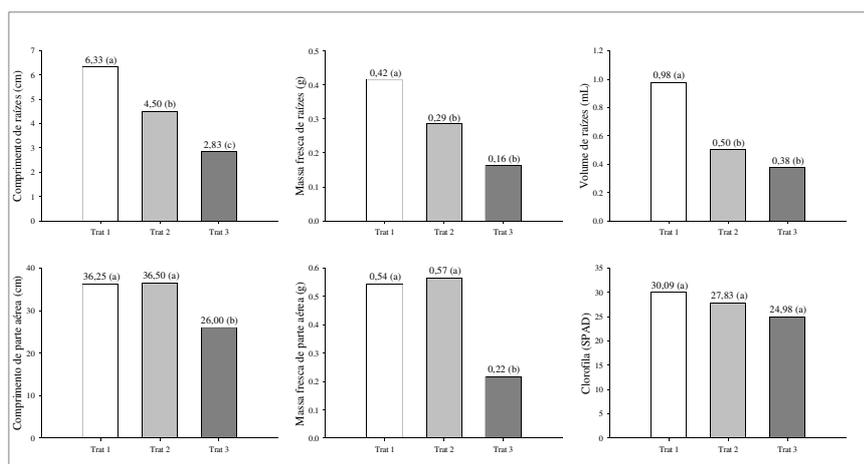


Figura 2. Efeito da acidificação e presença de Cr(III) na solução nutritiva de cana de açúcar genótipo IAC 86-2480.

A metodologia proposta está fundamentalmente baseada na maior aproximação das condições encontradas a campo, principalmente na utilização de doses de cromo similares as encontradas na prática. Segundo Nriagu & Pacyna (1988), os solos apresentam níveis de alumínio de até 15 ppm, no entanto, doses próximas a 15ppm tem demonstrado efeito muito acentuado ao desenvolvimento de plantas causando morte precoce. A utilização de doses em torno de 5ppm foi eficiente em causar toxidez de grau médio em cana de açúcar. A utilização de doses inferiores não permite a manifestação fisiológica do estresse comprometendo as conclusões. 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 Cr(III). Estes elementos podem ser fornecidos em uma fase anterior, pois como são móveis (P) ou parcialmente móveis (Fe) no floema, 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 cromo em solução nutritiva em cana de açúcar sendo recomendada sua utilização por representar de maneira mais similar as condições de toxidez por Cr de campo. A dose de 5 ppm de Cr(III) manifesta toxidez de grau médio segundo a metodologia proposta e as variáveis comprimento, massa fresca e volume de raízes e comprimento e massa fresca de parte aérea são as mais indicadas para avaliação de toxidez.

Literatura citada

- CERVANTES, C.; CAMPOS-GARCÍA, J.C.; DEVARS, S.; GUTIÉRREZ-CORONA, F.; LOZA-TAVERA, H.; TORRES-GUZMÁN, J.C.; MORENO-SÁNCHEZ, R. Interactions of chromium with micro-organisms and plants. *FEMS. Microbiology Review*, v.25, p.335-347, 2001.
- NRIAGU, J.O.; PACYNA, J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, waters and soils with trace metal. *Nature*, v.333, p.134-139, 1988.
- 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.
- PANDA, S. K.; CHAUDHURY, S. Chromium stress in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.17, p.95-102, 2005.
- VERNAY, P.; JEAN, L.; GAUTHIER-MOUSSAROL, C. Effect of chromium species on phytochemical and physiological parameters in *Datura innoxia*. *Chemosphere*, v.72, p.763-771, 2008.