

EFEITO DA APLICAÇÃO DA VINHAÇA COMO FERTILIZANTE SOBRE  
OS TEORES DE ÁCIDO TRANS-ACONÍTICO DE CALDO  
DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp)

L.E. Gutierrez\*

S.E. Ferrari\*\*

L.T.S. Gerald\*\*

A.A. Orelli Jr\*

---

RESUMO: Caldo de cana da variedade NA 56-79, em quatro estádios de maturidade (4, 6, 8 e 12 meses) fertilizada com vinhaça foi analisada para a determinação dos teores de potássio e ácido trans-aconítico. A fertilização com vinhaça provocou redução significativa nos teores de açúcares redutores totais e aumento nos teores de potássio e de ácido trans-aconítico. Uma correlação positiva significativa foi encontrada entre a produção de ácido trans-aconítico e o teor de potássio. O teor de ácido trans-aconítico foi reduzido com a maturidade das plantas.

Termos para indexação: Ácido trans-aconítico, caldo-de-cana, potássio, vinhaça, *Saccharum*.

EFFECT OF VINASSE FERTILIZATION UPON TRANS-ACONITTIC  
ACID CONTENT OF SUGARCANE JUICE

---

\* Departamento de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP e CEBTEC/FEALQ.

\*\* Instituto do Açúcar e Alcool - PLANALSUCAR - 13.600 - Araras, SP.

**ABSTRACT:** Sugarcane juice from NA 56-79 variety at four maturity stages (4, 6, 8 and 12 months) fertilized with vinasse was analysed for potassium and trans-aconitic acid content. With vinasse fertilization there was a significant reduction in total reducing sugars and an increase in potassium and trans-aconitic acid content of sugarcane juice. A significant positive correlation was observed between trans-aconitic acid production and potassium content. Trans-aconitic acid content was inversely related to the plant maturity.

**Index terms:** Trans-aconitic acid, potassium, vinasse, fertilization, sugarcane juice.

---

## INTRODUÇÃO

A primeira referência a presença de ácido trans-aconítico em caldo de cana-de-açúcar foi feita por Behr (apud DEER, 1921). Dos ácidos orgânicos encontrados no caldo de cana, o ácido trans-aconítico é o principal (DEER, 1921; MARTIN, 1953; RANSON, 1965; SPENCER & MEADE, 1967).

O ácido trans-aconítico é encontrado em maior proporção nas gramíneas (STOUT *et alii*, 1967) e pode ser utilizado em cana-de-açúcar como indicador do nível de maturação, pois a medida que a planta amadurece, o teor do ácido decresce (CLARKE & BRANNAN, 1983). O mesmo fenômeno foi observado em fôlhas de milho por CLARK (1976).

Além da maturidade da planta, a fertilização também pode afetar os teores de ácido trans-aconítico no caldo de cana. CASANOVAS & ARMAS (1983) encontraram uma correlação positiva entre a fertilização potássica e o conteúdo desse ácido no caldo de cana.

Segundo MARTIN (1953) o ácido trans-aconítico é um importante constituinte do poder tampão do caldo de cana juntamente com fosfatos e proteínas. Assim quanto mai-

or a quantidade deste ácido no caldo de cana, maior será a necessidade de cal durante o processo de clarificação. Ainda de acordo com este autor, o ácido trans-aconítico é considerado como agente melassigênico, além de fazer parte das incrustações nos evaporadores e de sedimentos nos tanques de melaço.

Com o aumento crescente da utilização da vinhaça como fertilizante (SILVA, 1983), é necessário verificar o efeito sobre o conteúdo do ácido trans-aconítico do caldo de cana, pois a vinhaça já apresentou efeitos negativos sobre outros componentes do caldo como a diminuição na pol % cana e brix do caldo e elevação no teor de açúcares redutores (STUPIELLO *et alii*, 1977). RODELLA & FERRARI (1977) verificaram aumento na % de cinzas no caldo proveniente de canas irrigadas com vinhaça.

O objetivo do presente trabalho foi o de verificar o efeito da aplicação de vinhaça como fertilizante sobre o teor de ácido trans-aconítico do caldo de cana em quatro estádios de maturidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Caldo de Cana: foi obtido por prensagem de colmos desfibrados da variedade NA 56-79 fertilizada com 200m<sup>3</sup> de vinhaça (composição: 0,24% K<sub>2</sub>O; 0,028% Nitrogênio; 0,008% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,98% CaO e 0,24% MgO) por hectare. O plantio foi realizado em 19/10/82 e o tipo de solo e composição foi citado em SILVEIRA (1985). As plantas testemunhas não receberam qualquer forma de adubação. As plantas foram cultivadas na Estação Experimental do Planalsucar de Araras (São Paulo). As amostragens foram realizadas no segundo ano do tratamento (1<sup>a</sup> soca) e em quatro estádios de maturidade (4, 6, 8 e 12 meses) com três repetições, sendo que cada repetição consistiu do corte de 1 metro linear de colmos, correspondendo a cerca de 18 colmos por repetição.

Análises Químicas: Açúcares redutores                      totais

(ART) e açúcares redutores (AR) foram determinados pelo método de Somogy-Nelson conforme descrito por AMORIN *et alii* (1982). Potássio foi determinado por fotometria de chama, após digestão nitro-perclórica das amostras (SAR RUGE & HAAG, 1974). O ácido trans-acônítico foi determinado colorimetricamente segundo POE & BARRENTINE (1968) com a modificação proposta por NELSON & RINNE (1977) de se realizar a análise a 0°C para se evitar a interferência do ácido cítrico.

Análise Estatística: O delineamento experimental adotado foi o de parcelas subdivididas (2 tratamentos e 4 estádios de maturidade por parcela) com 3 repetições (PIMENTEL GOMES, 1985). Para a análise de variância empregou-se o teste F e para os contrastes entre médias o teste Tukey.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na Tabela 1, a aplicação da vinhaça como fertilizante afetou significativamente o teor de açúcares redutores totais do caldo de cana. Houve redução no ART do caldo em todos os estádios de maturidade estudados. Provavelmente devido a maior absorção de potássio, ocorra maior desenvolvimento da parte aérea em detrimento da produção de açúcares.

Na Tabela 2, são observados os teores de AR do caldo de cana obtidos de plantas com e sem aplicação de vinhaça como fertilizante. A testemunha apresentou valores mais elevados em AR do que a vinhaça aos 4 e 6 meses de maturidade enquanto que aos 8 meses as plantas irrigadas com vinhaça apresentaram teores mais elevados de AR do caldo e aos 12 meses não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Com a maturidade das plantas, houve redução significativa no AR do caldo, tanto para a testemunha como para a vinhaça.

Como pode ser observado na Tabela 3, a fertilização com vinhaça aumentou significativamente o teor de potássio do caldo de cana em todos os estádios de maturi

Tabela 1. ART de caldo de cana da variedade NA 56-79 fertilizada com vinhaça. Expresso em g/100 ml de caldo.

Tratamentos	Estádios de maturidade (meses)			
	4	6	8	12
Testemunha	12,32aA	16,79aB	21,74aC	23,55aD
Vinhaça	10,24bA	15,60bB	20,65bC	22,30bD

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a  $p < 0,05$ .

A, B, C, D: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a  $p < 0,05$ .

C.V. (tratamentos): 3,5%

C.V. (estádios) : 3,25%

Tabela 2. AR de caldo de cana da variedade NA 56-79 fertilizada com vinhaça. Expresso em g/100 ml de caldo.

Tratamento	Estádios de maturidade (meses)			
	4	6	8	12
Testemunha	7,80aA	2,42aB	0,56aC	0,68aC
Vinhaça	4,75bA	1,84bB	1,04bC	0,67aC

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, nível de  $p < 0,05$ .

A, B, C: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes diferem entre si, nível de  $p < 0,05$ .

C.V. (tratamentos): 15,8%

C.V. (estádios) : 14,06%

idade estudados. Aos 12 meses de idade, a fertilização com vinhaça provocou um aumento de 8 vezes o teor de potássio do caldo testemunha enquanto que aos 4 meses, essa proporção foi de 2,6 vezes maior.

Tabela 3. Potássio de caldo de cana da variedade NA 56-79 fertilizada com vinhaça. Expresso em mg/100 ml de caldo.

Tratamento	Estádios de maturidade (meses)			
	4	6	8	12
Testemunha	44,6aA	68,3aB	41,0aA	26,0aC
Vinhaça	119,6bA	180,0bB	253,6bC	208,0bD

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes diferem entre si a  $p < 0,05$ .

A, B, C, D: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes diferem a  $p < 0,05$ .

C.V. (tratamentos): 7,60%

C.V. (estádios) : 7,92%

Na testemunha, o máximo de potássio é atingido aos 6 meses e em seguida decresce até 12 meses. Nas plantas irrigadas com vinhaça, o máximo é atingido aos 8 meses de idade.

A aplicação de vinhaça como fertilizante afetou significativamente o teor de ácido trans-aconítico do caldo de cana da variedade NA 56-79 nos quatro estádios de maturidade (Tabela 4). O teor de ácido trans-aconítico, foi sempre superior no caldo de cana obtido de plantas tratadas com vinhaça, sendo que aos 4 meses a proporção foi de 4,1 vezes maior, decrescendo aos 12 meses para 3,3 vezes maior.

Houve decréscimo significativo no teor de ácido trans-aconítico com a maturidade das plantas, tanto para a testemunha como para o tratamento vinhaça. Essas observações confirmam experimentos realizados por CLARKE & BRANNAN, (1983) em cana-de-açúcar.

Em todos os estádios de maturidade estudados, a fertilização com vinhaça provocou aumento nos teores de potássio e de ácido trans-aconítico (Tabelas 3 e 4). Houve maior absorção de potássio pelas plantas, o que pro-

vavelmente provocou a maior formação do ácido. O mecanismo de formação desse ácido em cana-de-açúcar ainda não está esclarecido assim como o efeito do potássio sobre a sua produção.

Tabela 4. Ácido trans-aconítico de caldo de cana da variedade NA 56-79 fertilizada com vinhaça. Expresso em mg/100 ml do caldo.

Tratamento	Estádios de maturidade (meses)			
	4	6	8	12
Testemunha	48,3aA	40,0aB	31,6aC	28,2aC
Vinhaça	198,4bA	156,0Bb	101,1bC	93,5bD

a, b: nas colunas, médias seguidas de letras diferentes diferem ao nível de  $p < 0,05$ .

A, B, C, D: nas linhas, médias seguidas de letras diferentes diferem ao nível de  $p < 0,05$ .

C.V. (tratamentos): 11,26%

C.V. (estádios) : 5,66%

MARTIN (1953) relatou que na Louisiana (USA), os teores de ácido trans-aconítico foram mais elevados devido a pouca maturidade da planta (média de 150 mg/100 ml de caldo). Observando-se a Tabela 4, notamos que somente aos 4 e 6 meses, as plantas com vinhaça apresentaram teores superiores aos citados por este autor e as plantas testemunha apresentaram teores inferiores em todos os estádios de maturidade.

Os teores de ácido trans-aconítico e potássio do caldo de cana estão diretamente relacionados. Aumentando-se o nível de potássio do caldo, aumenta-se os teores de ácido trans-aconítico. Foi obtida uma correlação positiva entre a produção de ácido trans-aconítico (Y) e o nível de potássio (X),  $Y = 39,1281 + 0,4085 X$  com coeficiente de correlação 0,5633 significativo ao nível de  $p < 0,05$ . Este dado confirma observações anterior rea

lizada por CASANOVAS & ARMAS (1983) trabalhando com a variedade Ja 60-5 em Cuba.

Assim a aplicação da vinhaça como fertilizante provocou aumento na formação do ácido trans-acônico e este aumento tanto poderia prejudicar o processo de clarificação do caldo como o aumento das incrustações nos evaporadores conforme relatado por MARTIN (1953). Seria interessante correlacionar os teores de ácido trans-acônico do caldo de cana com a quantidade e a composição das incrustações bem como a dificuldades na clarificação do caldo de cana.

### CONCLUSÕES

Pelos resultados apresentados no presente trabalho podemos concluir que a aplicação de vinhaça como fertilizante provocou aumento significativo nos teores de potássio e ácido trans-acônico no caldo de cana-de-açúcar. Uma correlação positiva significativa entre a produção de ácido acônico e o teor de potássio foi encontrada. O teor de ácido trans-acônico diminuiu com a maturidade da planta.

### AGRADECIMENTOS

A Fermentec - Assessoria em Fermentação Alcoólica pelos recursos fornecidos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, H.V.; OLIVEIRA, A.J.; ZAGO, E.A. *Novos métodos para o controle da fermentação alcoólica*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1982. 58p.
- CASANOVAS, H. & ARMAS, R. Influence of potassium upon mineral and aconitic acid content of sugarcane juice.



In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 18, Havana, 1983. *Proceedings*. Havana, 1983. p.639-57.

- CLARK, R.B. Organic acids and mineral cations of corn plant with age. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, 7: 585-600.
- CLARKE, M.A. & BRANNAN, M.A. Rapid analyses of lactic acid, an indicator of sugarcane deterioration, and aconitic acid, an indicator of sugarcane maturity by high performance liquid chromatography. *Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists*, Florida, 2: 88, 1983.
- DEERR, N. *Cane sugar*. 2.ed. London, Norman Rodger, 1921. 644p.
- MARTIN, L.F. The non-nitrogenous organic acids of sugarcane. In: HONIC, P., ed. *Principles of sugar technology*. Amsterdam, Elsevier, 1953. p.128-56.
- NELSON, D.R. & RINNE, R.W. Improved analysis of citrate and aconitate in plant tissues. *Plant and Cell Physiology*, Tokio, 18: 393-7, 1977.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba, Nobel, 1985. 644p.
- POE, W.E. & BARRENTINE, B.F. Colorimetric determination of aconitic acid in sorgo. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, 16: 983-4, 1968.
- RANSON, S.L. Plant acids. In: PRIDHAM, J.B. & SWAIN, T.S. *Biosynthetic pathways in higher plants*. London, Academic Press, 1965. 221p.
- RODELLA, A.A. & FERRARI, S.E. A composição da vinhaça e efeitos da sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 90(1): 380-7, 1977.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56p.

- SILVA, G.M.A. Influência da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: ORLANDO, J., coord. *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba, Instituto do Açúcar e Alcool, 1983. 369p.
- SILVEIRA, J.A.G. Interações entre assimilação do nitrogênio e o crescimento de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) cultivada em condições de campo. Piracicaba, 1985. 152p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SPENCER, L.S. & MEADE, G.P. *Manual del azucar de cana*. Barcelona, Montaner y Simon, 1967. 946p.
- STOUP, P.R.; BROWNELL, J.; BURAU, R.G. Occurrences of trans-aconitate in range forage species. *Agronomy Journal*, Madison, 59: 21-4, 1967.
- SRUPIELLO, J.P.; PEXE, C.A.; MONTEIRO, H.; SILVA, L.H. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade da cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 90(3): 185-94, 1977.

---

Recebido para publicação em: 01.07.88

Aprovado para publicação em: 28.12.88