

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM DIFERENTES VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR.

SEGUNDO URQUIAGA¹; RAIMUNDO DE MORAIS LIMA²; ROGÉRIO PONTES XAVIER³; ALEXANDER SILVA DE RESENDE¹; BRUNO JOSÉ RODRIGUES ALVES¹ & ROBERT BODDEY¹

1- Pesquisador, Dr. Embrapa Agrobiologia. Antiga Rod. Rio/São Paulo (BR 465), Km 47, Seropédica/RJ CEP 23851-000, cx postal: 7505, 2- Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/ CNPq / UFRRJ, 3 - Pós-graduação Depto. Fitotecnia - UFRRJ, raimundo@ufrj.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar variedades de cana-de-açúcar com potencial de receber significativa contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) na nutrição das plantas, e a influência na produtividade da cultura. As variedades avaliadas foram: CB 47-89, CB 45-3, SP 70-1143, SP 79-2312, SP 71-1406, SP 71-6163, SP 70-1284, e os acessos silvestres: Krakatau e Chunnee. As maiores contribuições da FBN para as variedades comerciais no ciclo de cana-planta, 1^a soca e 2^a soca foram observadas, respectivamente, nas variedades SP 70-1284 e SP 71-1406; SP 70-1143 e CB 45-3; e SP 71-1406 e SP 79-2312, respectivamente.

Palavras chaves: gramínea, nitrogênio.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN DIFFERENT SUGAR CANE VARIETIES

The objective of this work was to identify the varieties of sugar cane with a potential to obtain contributions of N from plant-associated with N₂ fixation bacteria. The varieties tested were CB 47-89, CB 45-3, SP 70-1143, SP 79-2312, SP 71-1406, SP 71-6163, SP 70-1284, and the wild types: Krakatau and Chunnee. The highest contributions of N₂ fixation found for the plant crop and the first and second ratoons were for the varieties, SP 70-1284 and SP 71-1406; SP 70-1143 and CB 45-3; and SP 71-1406 and SP 79-2312, respectively.

Key Words: Gramineous, nitrogen.

INTRODUÇÃO

O Brasil, é atualmente o maior produtor mundial da cultura de cana-de-açúcar, que ocupa uma área de 5,4 milhões de hectares com uma produtividade média de cerca de 70 t/ha (IBGE-SIDRA, 2003). A cana-de-açúcar é uma cultura altamente extrativa em nitrogênio. A cana-planta, com produtividade de 100 t/ha de colmos, acumula entre 150 e 200 kg/ha de N, e no caso da cana-soca este valor é de 120 a 160 kg/ha de N (Orlando Filho *et al.*, 1980; Sampaio *et al.*, 1984; Resende, 2000; Xavier, 2002). Se o nitrogênio contido no colmo é exportado para a usina e, a palha da cana é queimada antes do corte para facilitar a colheita manual, seu cultivo contínuo, como é feito há centenas de anos, rapidamente esgotaria as reservas de nitrogênio do solo, uma vez que as quantidades deste nutriente adicionadas anualmente raramente ultrapassam 80 kg/ha nas socarias e em planta este valor é inferior a 30 kg/ha, em média. Observa-se, entretanto, que a lavoura de cana não reduz

o nível de N do solo, evidenciando que a cultura possui um sistema natural de reposição do N exportado do solo anualmente. No nível de conhecimento atual, este sistema de reposição pode ser o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN). As recentes evidências, indicam que esta última fonte de N pode contribuir significativamente em até 60% de todo N acumulado pelas plantas de cana-de-açúcar (Boddey *et al.*, 2001; Xavier, 2002). Desta forma o objetivo deste trabalho foi identificar genótipos de cana-de-açúcar com alto potencial de receber significativa contribuição da FBN na nutrição nitrogenada das plantas, e a sua influência na produtividade da lavoura de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento vem sendo conduzido no campo experimental da Embrapa – Agrobiologia desde 1988.

As variedades em avaliação (CB 47-89, CB 45-3, SP 70-1143, SP 79-2312, SP 71-1406, SP 71-6163, SP 70-1284, Krakatau e Chunnee) foram selecionadas por sua boa produção em solos pobres e/ou pelo potencial para FBN observado em experimentos anteriores. Cada unidade experimental é constituída de cinco linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas de 1,1m, com quatro repetições totalizando 40 parcelas, distribuídas no delineamento em blocos ao acaso. Na atual fase deste estudo (1998 até o presente), a quantificação da FBN foi realizada utilizando a técnica da abundância natural de ^{15}N proposta por Shearer e Kohl (1986), através da fórmula:

$$\% \text{FBN} = \frac{\delta^{15}\text{N}_{\text{pl. 1}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{pl. 2}}}{\delta^{15}\text{N}_{\text{pl. 1}} - \text{B}} \times 100$$

Sendo:

$\delta^{15}\text{N}$ da pl. 1 – valor de $\delta^{15}\text{N}$ do N disponível do solo obtido através de plantas não fixadoras, utilizadas como referência; $\delta^{15}\text{N}$ da pl. 2 – valor de $\delta^{15}\text{N}$ da planta fixadora de N_2 (variedades de cana-de-açúcar); B – valor da discriminação isotópica de ^{15}N feita pelas plantas durante o processo de FBN (neste estudo, foi considerado igual a zero (0) (Boddey, *et al.*, 2001).

A colheita da cana planta foi realizada em setembro de 1990 e a partir desta, foram feitas colheitas das soqueiras a cada 12 meses. Por ocasião da colheita, os tratamentos foram separados em palha, bandeira e colmo, pesados e depois retiradas amostras de cada material. Estas amostras foram pesadas frescas e retiradas sub-amostras que em seguida, foram levadas para estufa de secagem a 65°C até estabilização de seus pesos, onde então foi determinada a fração de matéria seca das plantas. Após esta etapa as amostras de plantas foram pré-moídas em moinho tipo Willey (peneiras de 2 mm) e, em seguida levadas para moinho de rolagem até a pulverização (Smith & Um, 1990). Após a pulverização das amostras foram feitas análises do teor de N-total e abundância natural de ^{15}N (Boddey *et al.*, 1994). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico Mstat-C. Assim, os dados que seguem são relativos ao rendimento de colmo, nitrogênio total e da estimativa de FBN das colheitas de 2000, 2001 e 2002.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de rendimento de colmos dos três últimos anos de cultivo após a renovação do canavial demonstram que algumas das variedades comerciais em estudo mantiveram altos níveis de produtividade sem nenhuma aplicação de N-fertilizante. Observou-se, na

primeira colheita após a renovação do canavial (Tabela 1), que a variedade Chunnee vem mantendo baixos níveis de rendimentos de colmos, enquanto que as outras variedades, principalmente a RB 72-454 obteve o maior rendimento de colmo, o que pode estar indicando a alta potencialidade para a FBN, e adaptação a solos pobres em N (Resende, 2000). No que diz respeito à média de produtividade dos três anos de avaliação, novamente a variedade RB 72-454 foi a que mais se destacou, seguida pelas variedades SP 70-1143, SP 79-2312 e SP 71-6163.

Tabela 1- Produtividade de colmos frescos (na cana-planta, 1ª soca e 2ª soca) de 10 variedades de cana de açúcar (média de 4 repetições).

Variedades de cana	Rendimento de colmos			
	Mg ha ⁻¹			
	2000	2001	2002	Média
CB 47-89	94 b	99 abc	58abc	84abc
CB 45-3	90 bc	81abc	70 ab	80abc
KRAKATAU	60 cd	70 c	58abc	63 c
RB 72-454	134 a	103abc	75 ab	104a
SP 70-1143	118ab	106ab	79 a	101 ab
SP 79-2312	108ab	112 a	60abc	93 ab
SP 71-1406	95 b	77abc	57 bc	76abc
SP 71-6163	109ab	93 abc	55 bc	86abc
SP 70-1284	98 b	76 bc	46 c	73bc
CHUNNEE	30d	26 d	18 d	25d

Em cada coluna os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao total de N acumulado pelas variedades comerciais na primeira colheita (Tabela 2), houve um maior acúmulo de N na variedade RB 72-454 quando comparada com as outras cultivares que já vinham obtendo excelentes resultados em experimentos anteriores (Urquiaga *et al.*, 1992). Tomando como base a média de acúmulo de nitrogênio de todos anos, novamente a variedade que mais se destacou foi a RB 72-454, seguida pelas variedades SP 71-6163, SP 70-1143 e CB 47-89. Vale ressaltar que o grande acúmulo de nitrogênio observado na cultivar Krakatau já era esperado, uma vez que essa cultivar apresenta-se bastante eficiente para FBN. Este fato faz com que essa cultivar seja utilizada como “testemunha fixadora de nitrogênio” nesse experimento.

Tabela 2- Nitrogênio total acumulado pela parte aérea (na cana-planta, 1ª soca e 2ª soca) de 10 variedades de cana de açúcar (média de 4 repetições).

Variedades de Cana	N-total da planta (kg.ha ⁻¹)			
	Mg ha ⁻¹			
	2000	2001	2002	Média
CB 47-89	134bc	84 bc	86 bc	101cd
CB 45-3	116bc	75bcd	97 bc	96cd
KRAKATAU	184 b	151a	158 a	164a
RB72-454	265 a	102bc	92 bc	153 ab
SP 70-1143	156 b	90 bc	120 b	122bcd
SP 79-2312	120bc	86 bc	80 c	95cd
SP 71-1406	116bc	77 cd	74cd	89d
SP 71-6163	179 b	105 b	103bc	129abc
SP 70-1284	145bc	69 cd	73 cd	96cd
CHUNNEE	70 c	45 d	44 d	53e

Em cada coluna os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação a avaliação dos dados da abundância natural de ¹⁵N (δ¹⁵N) para a quantificação da contribuição da FBN obtidos na colheita da cana planta (Tabela 3), a variedade Krakatau destacou-se por ser um genótipo com grande potencial para FBN. Nessa variedade a associação com bactérias fixadoras de nitrogênio foi responsável por mais de 40% do N-total acumulado pelas plantas. Este genótipo parece ser muito promissor para programas de melhoramento uma vez que seu potencial de aproveitamento do N, destaca-se dos demais genótipos. É importante destacar também, as variedades comerciais SP 71- 6163 e SP 70- 1284 que na colheita de cana planta apresentaram um valor de FBN em torno de 40%.

Tabela 3- Contribuição do percentual da fixação biológica de nitrogênio (%FBN) estimada pela técnica de abundância natural de ¹⁵N (δ¹⁵N), em dez variedades de cana-de-açúcar, ciclo cana-planta – ano 2000 (média de 4 repetições).

Variedades	Contribuição da FBN (%)		
	δ ¹⁵ N(‰)	Plantas testemunhas	
		Milho	Banana
CB 47-89	6,9	41,5 ab	35,6 ab
CB 45-3	7,4	37,2 b	31,0 b
KRAKATAU	5	57,6 a	53,4 a
RB 72-454	7,1	39,8 ab	33,8 ab
SP 70-1143	6,1	48,3 ab	43,1 ab
SP 79-2312	6,7	43,2 ab	37,5 ab
SP 71-1406	5,8	50,8 ab	45,9 ab
SP 71-6163	6	49,1 ab	44,0 ab
SP 70-1284	5,9	50,0 ab	45,0 ab
CHUNNEE	7,4	37,2 b	31,0 b

Os valores médios de abundância natural de ¹⁵N observados nas espécies de plantas testemunhas *Zea mays* (milho) e *Musa*

paradisíaca (Banana): 11,80 ‰ e 10,73‰, respectivamente. Em cada coluna os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Já na segunda colheita (Tabela 4), pode-se observar que os valores de FBN variou de 28 a 73 %, sendo que novamente a variedade que mais se destacou, independente da testemunha utilizada foi a variedade Krakatau, confirmando assim o potencial observado na colheita anterior. Vale ressaltar, que entre as variedades comerciais, os genótipos que mais se destacaram foram SP 70-1143 e CB 45-3, porém não houve uma diferença significativa em relação as outras variedades.

Tabela 4 – Contribuição do percentual da fixação biológica de nitrogênio (%FBN) estimada pela técnica de abundância natural de ¹⁵N (δ¹⁵N), em dez variedades de cana-de-açúcar, ciclo 1ª soca – ano 2001 (média de 4 repetições).

Variedades	Contribuição da FBN (%)		
	Plantas testemunhas		
	Milho	Banana	Capim colômbio
CB 47-89	66 ab	63 abc	44 ab
CB 45-3	68 ab	65 abc	47 ab
KRAKATAU	73 a	71 a	56 a
RB 72-454	64 ab	60 abc	40 ab
SP 70-1143	73 a	70 a	55 a
SP 79-2312	62 ab	58 abc	37 ab
SP 71-1406	66 ab	63 abc	43 ab
SP 71-6163	59 b	55 bc	31 b
SP 70-1284	57 b	52 c	28 b
CHUNNEE	73 a	70 ab	55 a

Em cada coluna os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos valores de FBN observado na 2ª soca (Tabela 5), foi observado uma variação de 38 a 77 %. Em relação as variedades que mais se destacaram, foi observado uma semelhança com os resultados obtidos em cana-planta, confirmando assim o potencial para fixação biológica de nitrogênio das variedades Krakatau e SP 71-1406.

Tabela 5 – Contribuição do percentual da fixação biológica de nitrogênio (%FBN) estimada pela técnica de abundância natural de ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$), em dez variedades de cana-de-açúcar, ciclo 2ª soca – ano 2002 (média de 4 repetições).

Variedades	Contribuição da FBN (%)		
	Milho	Banana	Capim colônião
CB 47-89	65 b	62 b	42 b
CB 45-3	64 b	61 b	40 b
KRAKATAU	76 a	74 a	61 a
RB 72-454	63 b	60 b	39 b
SP 70-1143	65 b	61 b	42 b
SP 79-2312	71 ab	69 ab	53 ab
SP 71-1406	77 a	75 a	62 a
SP 71-6163	65 b	61 b	41 b
SP 70-1284	63 b	59 b	38 b
CHUNNEE	65 b	61 b	41 b

Em cada coluna os valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

As variedades comerciais que apresentaram maior eficiência para FBN foram SP70-1284 e RB 72-454 para cana planta; SP70-1284 e CB 45-3 para a 1ª soca e RB 72-454 para a 2ª soca.

A variedade Krakatau confirmou o potencial para FBN observado em outros experimentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Embrapa Agrobiologia, ao CNPq, ao Pronex II e FAPERJ pelo apoio e suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. & URQUIAGA, S. (1994) Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo ^{15}N . In: Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola, eds. Hungria, M. & Araújo, R.S. EMBRAPA-CNPAP, pp 471-494.

BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A.S.; ALVES, B. J. R. & URQUIAGA, S. Use of ^{15}N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N_2 fixation to sugar cane and others grasses. *Australian Journal of Agricultural Research* 28, 889-895, 2001.

IBGE - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (2003), Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA.

ORLANDO-FILHO J., HAAG H, P. E ZAMBELLO E. JR. (1980) Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB 41-76 em função de idade em solos do Estado de São Paulo. *Bol. Técnico* N°2, 128p., Planalsucar, Piracicaba, SP.

RESENDE, A. S. A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) como suporte da fertilidade nitrogenada dos solos e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar: uso de adubos verdes. Seropédica - RJ, 2000. Tese (mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SAMPAIO E. V. S. B., SALCEDO, I. H. E BETTANY J. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. I. Eficiência na utilização de uréia (^{15}N) em aplicação única ou parcelada. *Pesq. Agropec. Bras.* 19: 943-949, 1984.

SHEARER, G. & KOHL, D. H. N_2 fixation in field settings: estimations based on natural ^{15}N abundance. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13, 699-756, 1986.

SMITH J. L. & UM M. H. Rapid procedures for preparing soil and KCl extracts for ^{15}N analysis. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, Vol 21, No 17 & 18: 2173-2180, 1990.

URQUIAGA S., CRUZ K. H. S. E BODDEY R. M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:105-114, 1992.

XAVIER, R. P. Adubação verde em cana-de-açúcar: influência na nutrição nitrogenada e na decomposição dos resíduos da colheita. Seropédica - RJ, 2000. Tese (mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.