



COMUNICADO TÉCNICO

Nº 6, jan./92, p.1-5

FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO POR BACTÉRIAS ASSOCIADAS A CANA-DE-AÇÚCAR

Robert Michael Boddey¹
 Segundo Urquiaga¹
 Renato Linhares de Assis¹
 Johanna Döbereiner¹

INTRODUÇÃO:

Além dos elementos carbono, hidrogênio e oxigênio, que são obtidos pelas plantas do ar e da água, o nitrogênio é quantitativamente o mais importante, sendo o que mais frequentemente limita o crescimento vegetal. O ar contém aproximadamente 80% de gás N₂ (nitrogênio) por volume, mas as plantas não são capazes de utilizar este elemento em forma gasosa, podendo apenas absorver-lo do solo na forma de compostos solúveis: nitrato e amônio. Na agricultura, grandes quantidades de adubos nitrogenados estão sendo utilizados para fornecer nitrogênio para as culturas, mas frequentemente os produtores não tem os recursos para comprar adubos suficientes para obter altos rendimentos.

Ao final do século passado descobriu-se que várias espécies de leguminosas como soja, feijão e outras, possuem nódulos nas raízes contendo bactérias do gênero *Rhizobium* que, utilizando alimentos fornecidos pela planta, podem transformar o nitrogênio gasoso do ar em amônia que é utilizada para o crescimento da planta. Este processo é chamado de fixação biológica de nitrogênio.

Em relação a família das gramíneas, que engloba os grãos mais importantes na alimentação humana e nas rações para animais, como milho, trigo, arroz e sorgo, as gramíneas forrageiras (colonião, braquiária, etc.), e a cana-de-açúcar, observa-se que são incapazes de formar nódulos nas raízes. Entretanto, desde 1956 no Brasil iniciaram-se estudos sobre outras bactérias fixadoras de N₂ que se associam com estas culturas, tendo sido descobertas desde então 7 novas espécies de bactérias fixadoras de N₂, tendo sido a partir de 1983 comprovado através de novas técnicas de quantificação, que algumas destas gramíneas podem obter contribuições significativas de nitrogênio através da atividade destes microorganismos (Boddey & Döbereiner 1988).

¹ Pesquisador, EMBRAPA-CNPBS.

FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Experimentos realizados no Brasil mostram que uma cultura de cana-de-açúcar que produz 100t de colmos/ha no primeiro ciclo, acumula 150 até 200kg de nitrogênio/ha (Orlando Filho et al. 1980; Sampaio et al. 1984). Na soca (segundo ou mais cortes) este valor é de aproximadamente 100 a 180kg N/ha. Após a colheita muito pouco deste nitrogênio fica no campo, pois a palha é normalmente queimada antes do corte e quase nada de nitrogênio fica nas cinzas, e o nitrogênio dos colmos é levado para a Usina. O nitrogênio adicionado para a cana-planta na forma de fertilizante raramente é mais de 40kg de nitrogênio/ha, e na soca não mais de 80kg de nitrogênio/ha. Se nada deste fertilizante nitrogenado é perdido por lixiviação ou volatilização, ainda assim a cultura retira do campo mais nitrogênio do que é adicionado. Por isso se esperaria que as reservas de nitrogênio no solo diminuíssem com o tempo, entretanto isso não ocorre, pois os solos plantados com cana-de-açúcar normalmente mantém sua fertilidade nitrogenada por décadas, existindo no Brasil áreas plantadas com cana-de-açúcar produzindo razoavelmente com aplicações mínimas de fertilizante nitrogenado.

Estas observações levaram vários pesquisadores a suspeitar que deveria existir alguma contribuição da fixação biológica de nitrogênio sobre esta cultura. No final da década de 50 através de estudos sobre ocorrência de bactérias fixadoras de N₂ nas plantações de cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro, observou-se a existência destas bactérias em grandes quantidades no solo, especialmente perto das raízes (solo da rizosfera) (Döbereiner 1959). Porém, por falta de técnicas apropriadas, não foi determinada na época, a contribuição em nitrogênio para a cultura por estas bactérias. A partir da década de 70 isto começou a ser possível através de novas técnicas (uso de ¹⁵N) que permitiram diferenciar o nitrogênio na planta proveniente do solo daquele que era assimilado através da fixação biológica de N₂ atmosférico.

Em estudos realizados na EMBRAPA/CNPBS, inicialmente notou-se ao quantificar a fixação biológica de N₂ associada com a variedade CB 47-89 de cana-de-açúcar, que esta havia acumulado o equivalente a mais de 150kg de nitrogênio por hectare derivado da fixação biológica de N₂ por microorganismos associados as plantas (Lima et al. 1987). Subsequentemente, em estudo com 10 variedades de cana-de-açúcar observou-se que as variedades que receberam as maiores contribuições de fixação biológica de N₂ foram CB 45-3 (a variedade mais plantada no Nordeste), SP 70-1143 (uma variedade nova desenvolvida pela COOPERSUCAR resistente à doença fúngica chamada carvão, e agora a variedade mais plantada no Estado de São Paulo) e a variedade Krakatau da espécie selvagem *Saccharum spontaneum* (um dos progenitores dos híbridos modernos de cana-de-açúcar) (Boddey et al. 1990; 1991; Urquiaga et al. 1992).

Paralelo a estes resultados a equipe do CNPBS (Cavalcante & Döbereiner 1988; Gillis et al. 1989) descobriu uma nova bactéria fixadora de N₂ denominada *Acetobacter diazotrophicus*. Esta bactéria é a primeira espécie descoberta do gênero *Acetobacter* capaz de fixar N₂, e

criou muito interesse internacional por ser muito resistente às condições ácidas (ela cresce e fixa N_2 até pH 2,5), por crescer em soluções de até 30% de açúcar, e por ser incapaz de utilizar nitrato como fonte de nitrogênio. A bactéria é raramente encontrada no solo e não coloniza ervas daninhas ou outras plantas em campos de cana-de-açúcar (DÖBEREINER et al. 1988). Os dados obtidos até agora indicam que a bactéria propaga-se nos canaviais através dos toletes plantados no solo. A bactéria também foi encontrada nas raízes e colmos de batata-doce e capim-cameroon, duas outras plantas que são multiplicadas vegetativamente, mas não em outras plantas propagadas por sementes, como sorgo sacarino (que também acumula altas concentrações de açúcar).

APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA

Agora que se tem uma explicação científica para a baixa resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, a recomendação mais racional é reduzir ao mínimo a adubação nitrogenada nas áreas de cana-de-açúcar, principalmente no caso das variedades SP 70-1143 e CB 45-3, e utilizar a economia feita com isso (atualmente são gastos US\$150.000.000 na aplicação de 60kg N/ha.ano em 4 milhões ha) em irrigação, aumento da adubação fosfatada e de potássio e outras tecnologias com substancial aumento da produção sem necessidade de aumento de custos.

Não há por enquanto nenhuma perspectiva de uso de inoculantes, já que as bactérias fixadoras de N atualmente descobertas ocorrem naturalmente na cana-de-açúcar. Melhorias na tecnologia de produção de cana-de-açúcar sem se tomar em consideração a capacidade de fixação de nitrogênio nesta cultura visariam principalmente aumentos substanciais da adubação nitrogenada seguindo o exemplo de outras regiões produtoras de cana-de-açúcar como Hawaii, Peru ou Cuba onde são aplicados 200 a 300kg de N/ha.ano, o que torna a produção de álcool a base de cana-de-açúcar energeticamente inviável já que investem igual ou mais energia do que a obtida.

Portanto a eliminação da adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar, como já foi obtido para a soja, será decisiva para tornar esta cultura, e principalmente o Programa Nacional de álcool, mais econômico e energeticamente mais positivo. Além de contribuir para a redução do efeito estufa, já que a cultura da cana-de-açúcar retira mais CO_2 da atmosfera através da fotossíntese, do que retorna através do uso de álcool como combustível, contrastando com a queima de combustíveis fósseis (derivados de petróleo) que retornam a atmosfera em poucas décadas reservas de carbono acumuladas no sub-solo em milhões de anos.

Atualmente as pesquisas no CNPBS sobre fixação biológica de nitrogênio em cana-de-açúcar continuam intensivamente procurando-se obter estirpes de bactérias mais eficientes para que, com a ajuda da cultura de tecidos, possa se obter plantas de variedades altamente produtivas infectadas com bactérias eficientes para serem entregues aos agricultores.

REFERÊNCIAS

- BODDEY, R.M.; DÖBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: recent results and perspectives for future research. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.108, p.53-65, 1988.
- BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; DÖBEREINER, J.; REIS, V. Fixação biológica de nitrogênio em cana-de-açúcar. **Álcool e Açúcar**, São Paulo, v.10, n.53, p.12-19, 1990.
- BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane. **Plant and Soil**, Netherlands, v.137, p.111-117, 1991.
- CAVALCANTE, V.A.; DÖBEREINER, J. A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugar cane. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.108, p.23-31, 1988.
- DÖBEREINER, J. Influência da cana-de-açúcar na população de *Beijerinckia* do solo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.19, p.251-258, 1959.
- DÖBEREINER, J.; REIS, V.; LAZARINI, A.C. New N₂-fixing bacteria in association with cereals and sugar cane. In: BOTHE, H.; DE BRUJIN, F.J.; NEWTON, W.C., eds. **Nitrogen Fixation; Hundred Years After**. Stuttgart: Gustav Fischer, 1988. p.17-772.
- GILLIS, M.; KERTERS, B.; HOSTE, D.J.; KROPPESTEDT, R.M.; STEPHAN, M.P.; TEIXEIRA, K.R.S.; DÖBEREINER, J.; DE
- LEY, J. *Acetobacter diazotrophicus* sp. nov. a nitrogen fixing acetic acid bacterium associated with sugar cane. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v.39, p.361-364, 1989.
- LIMA, E.; BODDEY, R.M.; DÖBEREINER, J. Quantification of biological nitrogen fixation associated with sugar cane using a ¹⁵N aided nitrogen balance. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.165-170, 1987.
- ORLANDO-FILHO, J.; HAAG, H.P.; ZAMBELLO Jr., E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar variedade CB 41-76 em função de idade em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba: Planalsucar, 1980. 128p. (**Boletim Técnico, 2**).
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; BETTANY, J. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. I. Eficiência na utilização de uréia (¹⁵N) em aplicação única ou parcelada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.943-949, 1984.
- URQUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.; BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: Nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.105-114, 1992.