

ASSIMILAÇÃO DE NITROGÊNIO EM CANA-DE AÇÚCAR CULTIVADA EM PRESENÇA DE ELEVADO NÍVEL DE N E DE VINHAÇA NO SOLO¹

JOAQUIM ALBENÍSIO GOMES DA SILVEIRA² e OTTO JESU CROCOMO³

RESUMO — O experimento foi conduzido no campo, em solo de textura argilosa, durante o ciclo de cana-planta. Foram estabelecidos três tratamentos: 1-adubação com elevado nível de N (“alto N”); 2-aplicação de vinhaça (“vinhaça”); 3-ausência de fertilizante e vinhaça (“testemunha”). As colheitas foram realizadas aos 90, 120, 180, 240, 300 e 360 dias após o plantio (DAP). O tratamento “alto N” apresentou maiores taxas de acúmulo de N e de atividade da redutase de nitrato (RN) aos 120, 150 e 180 DAP em relação ao tratamento controle. Nos mesmos períodos, o tratamento “vinhaça” apresentou maiores valores de RN em relação ao controle. As maiores taxas de acúmulo de N e de atividade de RN foram observadas nas fases iniciais do crescimento, decrescendo acentuadamente no início da maturação. Houve uma correlação positiva entre atividade de RN e taxa de acúmulo relativo de N ($\text{gN.gN}^{-1}.\text{dia}^{-1}$). As plantas do tratamento “vinhaça” não apresentaram alterações nas taxas de acúmulo de N, atividade da RN e composição das formas nitrogenadas, apesar de conterem concentrações mais baixas de nitrato aos 90 DAP. Os baixos índices de conversão de N ($\text{kg de colmo/kg N absorvido}$), da cultura da cana-de-açúcar, em presença de alto nível de N, devem estar associados com controles endógenos pelo próprio nível de N da planta.

Termos para Indexação: Redução de nitrato, metabolismo de N, absorção de N, nutrição, Saccharum.

NITROGEN ASSIMILATION IN SUGARCANE PLANTS AS AFFECTED BY HIGH LEVELS OF N AND VINASSE IN THE SOIL

ABSTRACT — The experiment was carried out under field conditions in a typical Haplorthox soil, during a 360-day growth cycle. Three treatments were applied: 1-high level of soil N (“high N”); 2-high amount of vinasse in the soil (“vinasse”); 3-soil without fertilizer or vinasse (“control”). The plants were harvested 90, 120, 180, 240, 300 and 360 days after planting (DAP). The “high N” plants showed higher nitrate reductase activity (NR) in the leaves and N absolute uptake rate ($\text{gN.m}^{-2}.\text{soil.day}^{-1}$) in these periods, when compared only to “control”. “Vinasse” treatment caused higher NR at 120, 150 and 180 DAP than “control” treatment: lower nitrate concentration however, were observed at 90 DAP. Highest rates of nitrogen accumulation and NR activity were observed at the initial stages of plant growth, decreasing markedly at the start of the maturation period. There was a close and linear correlation between relative rate of N uptake ($\text{gN.gN}^{-1}.\text{day}^{-1}$) in the shoot and NR activity. The “vinasse” treatment had no effect on uptake rate, N assimilation, N compound fractions and protein accumulation. The low N conversion index ($\text{Kg stalks.Kg}^{-1}\text{N taken up}$) in this sugarcane cultivar, in presence of high levels of soil N, may be related to endogenous control at the level of free N-amino concentration in the plant tissue.

Index Terms: Nitrate reduction, nitrogen uptake, nitrogen utilization, Saccharum, sugarcane.

¹ Aceito para publicação em 06/06/1990.

² Eng. Agr. Prof. Dr. Departamento de Química — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP e CENA/USP. Cx. Postal 96, CEP 13400 — Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

³ Eng. Agr. Prof. Dr. Departamento de Química — ESALQ/USP e CEBTEC/FEALQ, Cx. Postal 96, CEP 13400. Piracicaba, SP.

INTRODUÇÃO

As gramíneas cultivadas tipo C₄ caracterizam-se por apresentar respostas pronunciadas, em termos de produção de fitomassa, ao nitrogênio aplicado como fertilizante (Bolton & Brown, 1980). Entretanto, os mecanismos fisiológicos envolvidos com a utilização de N ainda não são totalmente esclarecidos. O nitrogênio absorvido propicia aumento na atividade meristemática da parte aérea (Marschner, 1986), provocando incrementos na área foliar e na intensidade de perfilhamento (Novoa & Loomis, 1981). Por outro lado, níveis mais elevados de proteínas nas folhas estão associados a maiores custos energéticos, os quais podem determinar maiores consumos de carboidratos (Barnes & Holes, 1978).

As cultivares de cana-de-açúcar utilizadas no Brasil, no primeiro ciclo de crescimento (cana-planta), apresentam potencial baixo para converter o N absorvido em fitomassa de colmos (Rossiello, 1987), o que poderia explicar a grande controvérsia a respeito da utilização do nutriente pela cultura. Na realidade, existe uma grande limitação de conhecimentos relacionados com os principais processos envolvidos com a utilização de N, como absorção de nitrato e metabolismo de carboidratos em presença de concentrações elevadas do elemento. Plantas crescidas nessas condições apresentam altas atividades de redutase de nitrato nas folhas e decréscimos nas concentrações de sacarose e açúcares redutores (Silveira & Crocomo, 1981).

A utilização de vinhaça como fertilizante tem provocado controvérsias quanto a nutrição nitrogenada de cana-de-açúcar. A principal questão refere-se à necessidade ou não de se fazer uma complementação com N-fertilizante na adubação (Gloria & Orlando Filho, 1983). Os resultados dos experimentos de campo são conflitantes, evidenciando, porém, que a acumulação de nitrogênio na planta é elevada em solos tratados somente com vinhaça como fertilizante (Silva & Gurgel, 1981). Por outro lado, os possíveis efeitos provocados pelas concentrações elevadas de potássio sobre a utilização do N da vinhaça são praticamente desconhecidos, principalmente ao

nível de assimilação de nitrato.

O objeto deste trabalho foi o de estudar os efeitos de níveis elevados de N e de vinhaça no solo sobre a assimilação de nitrogênio ao longo do crescimento de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições experimentais

O experimento foi conduzido em condições de campo, em Araras, São Paulo, na Estação Experimental do IAA/Planalsucar, durante o período de outubro de 1982 a outubro de 1983. O clima do local é do tipo mesotérmico de inverno seco (abril-setembro) e verão chuvoso (outubro-março). As temperaturas do ar apresentaram valores elevados no verão (máximas médias próximas de 30°C) e decréscimos no inverno (mínimas médias em torno de 12°C) durante o período experimental. O regime hídrico apresentou intensidade de chuvas elevadas no período outubro-junho. O solo cultivado é classificado como Álico, "A" moderado, textura argilosa — Unidade Limeira (Typic Haplorthox), de acordo com Oliveira et alii (1982). Antes da adubação e plantio, o solo apresentou as seguintes características químicas granulométricas na profundidade de 0 a 20 cm: pH (H₂O) = 5,20; %C = 1,35; K = 58 ppm; P = 34 ppm; Ca = 478 pm; Mg = 69 pm; Al = 15ppm; %argila = 64; %silte = 22; %areia = 14; %microporos = 40; % macroporos = 16%.

Condução e delineamento experimental

Foi utilizada a cultivar NA56-79 de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta, plantando-se toletes contendo três gemas, numa densidade de 15 gemas/metro linear de sulco com 30 cm de profundidade. Cada parcela experimental foi constituída de sete linhas com 10 m de comprimento, espaçamento de 1,40 m na entre-linha e numa área total de 98 m²/parcela. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três tratamentos, seis épocas de colheitas e quatro repetições. A análise de variância foi feita utilizando

o esquema de parcelas sub-divididas no tempo. O tratamento com elevado nível de N no solo (“alto N”) foi obtido aplicando-se 20 Kg de N (uréia), 120 Kg de P_2O_5 (superfosfato simples) e 120 kg de K_2O (cloreto de potássio) no sulco expresso em kg/ha. Aos 100 dias após plantio (DAP), aplicou-se 450 kg de N/ha (uréia), em cobertura, com incorporação parcial. O tratamento com vinhaça (“vinhaça”) obteve-se pela aplicação (cinco dias antes do plantio) de $200\text{ m}^3/\text{ha}$ de vinhaça “in natura”, tipo mosto-misto, com a seguinte composição: $K_2O = 0,24$; $N = 0,028$; $P_2O_5 = 0,008$; $C = 0,75$; $Ca = 0,98$ e $Mg = 0,24\%$. A aplicação foi feita no sulco de plantio, por meio de irrigadores manuais. O tratamento “testemunha” consistiu no solo sem presença de fertilizantes ou de vinhaça.

Amostragem das plantas e mensurações das formas de nitrogênio

As amostragens destrutivas das plantas foram realizadas aos 90, 120, 180, 240, 300 e 360 DAP, no período da manhã. O material foi separado em folha +3, bainha da folha +3, colmo + bainha e folhas obtidas a partir da colheita ao acaso de 15 canas/parcela. Os 20 e 10 cm centrais da lâmina foliar e bainha, respectivamente, foram acondicionados em sacos plásticos e congelados em gelo seco (-20°C) para secagem em liofilizador Virtis até peso constante. Colmos e folhas foram picados em triturador e sub-amostrados para secagem em estufa com circulação de ar quente (75°C) e posterior determinações químicas. A atividade “in vivo” de redutase de nitrato foi determinada na folha +3 pelo método de Hageman & Huclesby (1971): as folhas foram coletadas aos 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300 e 330 DAP, sempre as 13:00 horas, acondicionadas em sacos plásticos umedecidos e levadas imediatamente ao laboratório para determinação da atividade da enzima. A concentração de nitrato foi mensurada com o método de Giné et alii (1983); N-amino solúvel foi medido na fração etanólica a partir de reação com ninhidrina (Kabat & Mayer, 1967); as proteínas forma quantifi-

cadas colorimetricamente (Lowry et alii, 1952); N-total pelo método Kjeldahl e K por fotometria de chama (Jorgensne, 1977); NH_4^+ livre foi medido pelo método “fenolato-hipoclorito” (Weatherburn, 1967).

A taxa de Acúmulo Relativo de Nitrogênio (TARN — $(\text{gN}\cdot\text{g}^{-1}\text{N}\cdot\text{dia}^{-1})$) e a Taxa de Acúmulo Absoluto de Nitrogênio (TAAN) — $(\text{gN}\cdot\text{M}^{-2}\text{solo}\cdot\text{dia}^{-1})$, na parte aérea, em função do tempo, foram calculadas a partir do ajuste dos dados experimentais de N acumulado ($\text{gN}\cdot\text{m}^{-2}\text{solo}$) por meio da função logística $Y = Y_{\text{max}}/(1 + \exp(A + Bt))$, onde Y_{max} , A e B são parâmetros estimados estatisticamente por meio de regressão assintótica proposta por Stevens (1951), sendo t o tempo em dias. Os índices TARN e TAAN, foram definidos da seguinte maneira: $TARN = 1/N\cdot dN/dt$ e $TAAN = dN/dt$ em que N representa a massa de nitrogênio na parte aérea das plantas $\cdot\text{m}^{-2}\text{ solo}$ (Hunt, 1981). Detalhes dos procedimentos foram descritos por Silveira (1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acumulação de N na parte aérea

A cultivar NA 56-79 de cana-de-açúcar “respondeu” positivamente a aplicação de alta dose de N-fertilizante e de vinhaça no solo em termos de N acumulado na parte aérea (Figura 1A). No primeiro caso (tratamento “alto N”), a reposta foi diretamente relacionada aos maiores teores de N (principalmente nos colmos) e as maiores produções de fitomassa. No tratamento “vinhaça”, por outro lado, o maior acúmulo de N (em relação ao controle), foi provocado por maiores taxas de crescimento (Silveira, 1985). Os valores máximos de taxas de acúmulo de N ($\text{gN}\cdot\text{m}^{-2}\text{ solo}\cdot\text{dia}^{-1}$), nos três tratamentos, ocorreram aos 150 dias após plantio — DAP (Figura 1B).

Após um período de elevadas e crescentes taxas de acúmulo de N na parte aérea (60-150 DAP), a cultivar apresentou, nos três tratamentos, um acentuado decréscimo após este período, com taxas muito baixas a partir do início da ma-

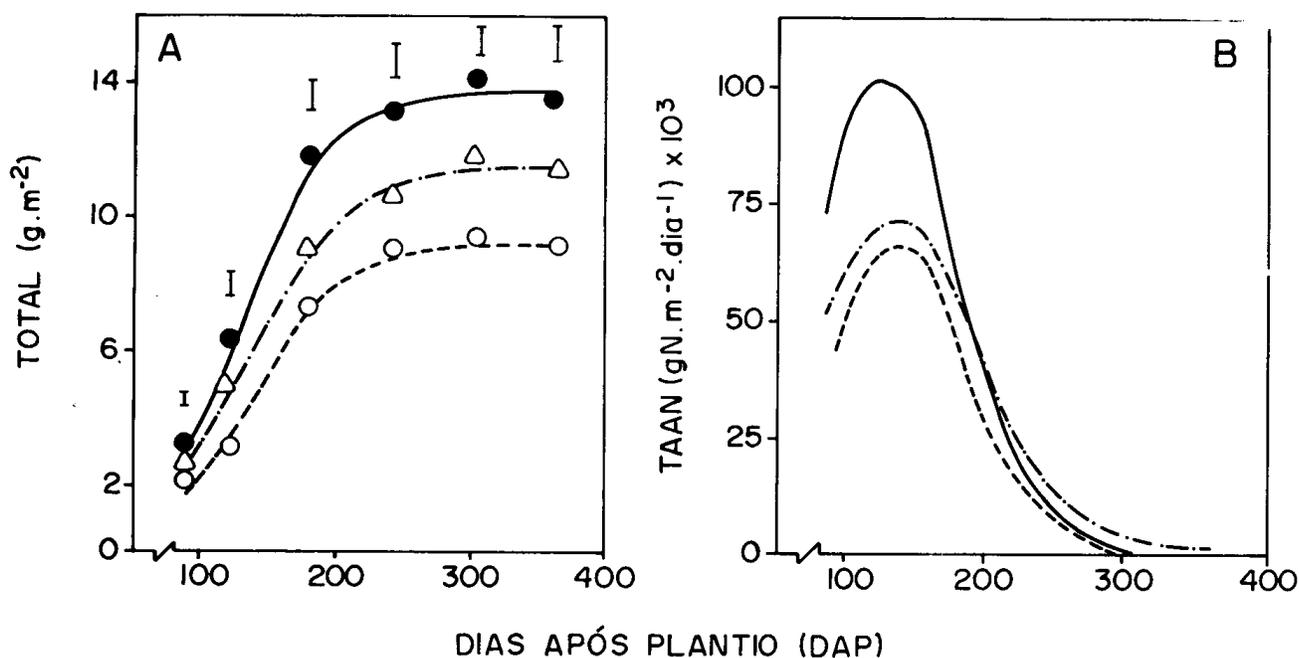


FIGURA 1 — Acúmulo de N (A) e Taxa de Acúmulo Absoluto de N (TAAN) — (B) na parte aérea de cana-de-açúcar, cv. NA5679, em função das épocas de colheitas (DAP). (“Alto N” = ●—●; “vinhaça” = Δ---Δ; “testemunha” = ○----○). Barras representam diferenças mínimas significativas entre médias de tratamentos dentro de épocas ($p=0,05$). (A Figura 1B foi obtida a partir das equações da função logística).

turação (180 DAP). Os colmos apresentaram os maiores decréscimos nas concentrações de N-total, N-amino livre (dados não apresentados) e N-protéico (Figura 2B), sendo tais reduções mais intensas no tratamento “alto N” em relação aos outros dois tratamentos). Estes resultados foram

semelhantes aos obtidos por Rossiello (1987), trabalhando com a mesma cultivar submetida a três níveis de N-fertilizante no solo.

Os maiores teores de proteínas, N-amino e N-NO⁻³ observados principalmente aos 120 DAP no tratamento “alto N”, em colmos e bainhas,

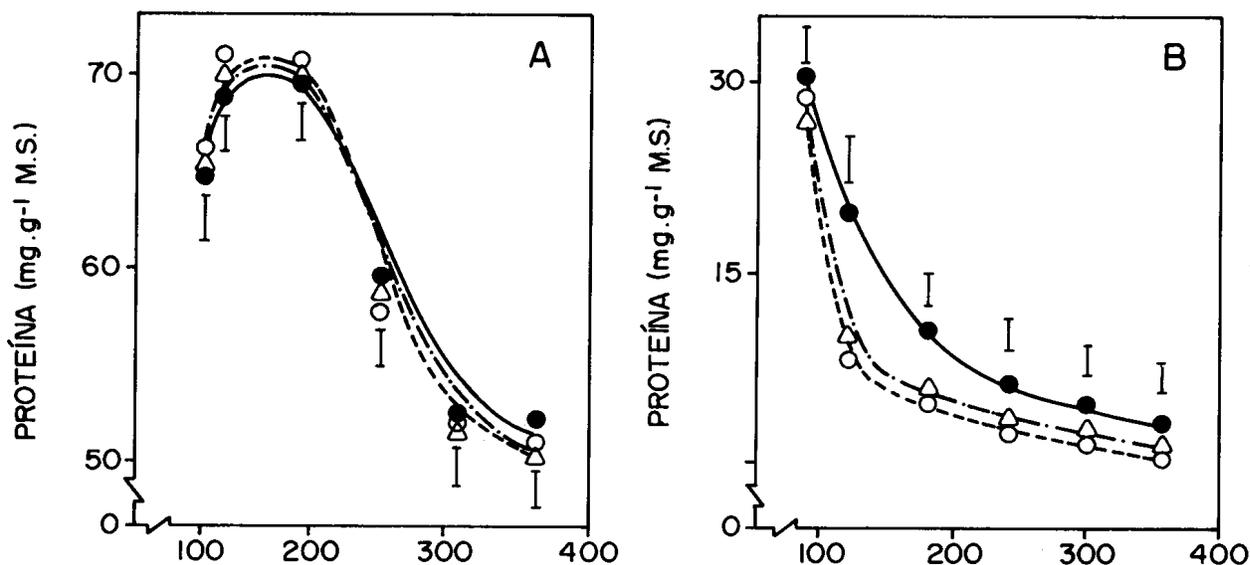


FIGURA 2 — Teores de proteínas em folhas (A) e em colmos (B) de cana-de-açúcar cv. NA 5679, em função das épocas de colheita (DAP). (“Alto N” = ●—●; “vinhaça” = Δ---Δ; “testemunha” = ○----○). Barras representam diferenças mínimas significativas entre médias de tratamentos dentro de épocas ($p=0,05$).

poucos dias após a aplicação do N-fertilizante (aos 100 DAP), associado com maiores produções de fitomassa (Silveira, 1985), evidenciam a existência de um período de intensa acumulação de N em condições de altos níveis do elemento no solo. O N “excedente” da planta foi armazenado nas bainhas (Figura 3A) e principalmente nos colmos (Figura 2B) na forma de proteínas. É provável que os colmos possam ter armazenado significativas quantidades de nitrato nas fases iniciais do crescimento (Silveira & Crocomo, 1981).

O período de intensa acumulação de N na planta (“fase de armazenamento de N”), em resposta ao N-fertilizante aplicado, ocorreu até aproximadamente aos 150 DAP. Após este período, a cultura apresentou uma fase de intensa redistribuição de N indicada pela diminuição no teor de proteínas dos colmos (Figura 2B). Esta segunda fase poderia ser caracterizada como “fase de redistribuição”. É possível que a “desaceleração” no acúmulo de N, tratamento “alto N”, possa ter sido relacionada com algum controle endógeno (genético-fisiológico) por meca-

nismos de retro-alimentação negativa (Rarper Jr., 1977; Pearson & Muirhead, 1984).

O mecanismo de controle sugerido anteriormente poderia explicar, pelo menos em parte, a baixa “resposta” da cultivar NA 56-79 ao N-fertilizante, durante o ciclo de “cana-planta”, conforme resultados de vários trabalhos (Bittencourt et alii, 1986; Rossiello, 1987). Apesar de acumular maiores quantidade de N, em resposta ao N-fertilizante (nos estádios iniciais do crescimento), a cultivar redistribuiu intensamente o N-protéico “armazenado” em colmos e bainhas (Figuras 2B e 3B), principalmente para o aumento da área foliar conforme demonstrado em Silveira (1985), com baixos incrementos na relação kg açúcar de colmo/kg de N (Silveira & Crocomo, não publicado). Estas idéias estão de acordo com Jones et alii (1974) e Hesketh & James (1980).

Assimilação de nitrato e controle no acúmulo de N

A aplicação de elevado nível de N provocou aumentos significativos nos teores de nitrato nas bainhas aos 120 DAP (Figura 4B), enquanto que nos colmos observou-se diferenças significativas

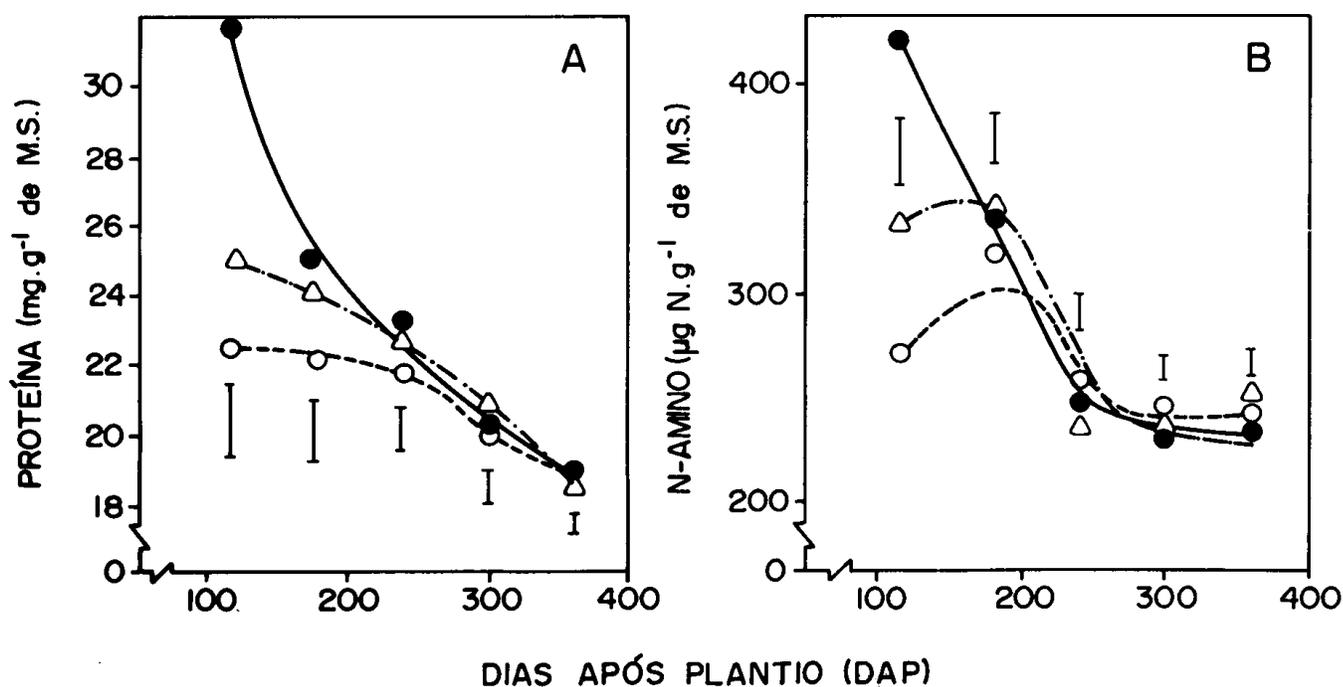


FIGURA 3 — Teores de proteínas (A) e de N-amino(B) em bainhas de cana-de-açúcar cv. NA 5679, em função das épocas de colheita (DAP). (“Alto N”=●—●; “vinhaça”=Δ---Δ; “testemunha”=○----○). Barras representam diferenças mínimas significativas entre médias de tratamentos dentro de épocas (p=0,05).

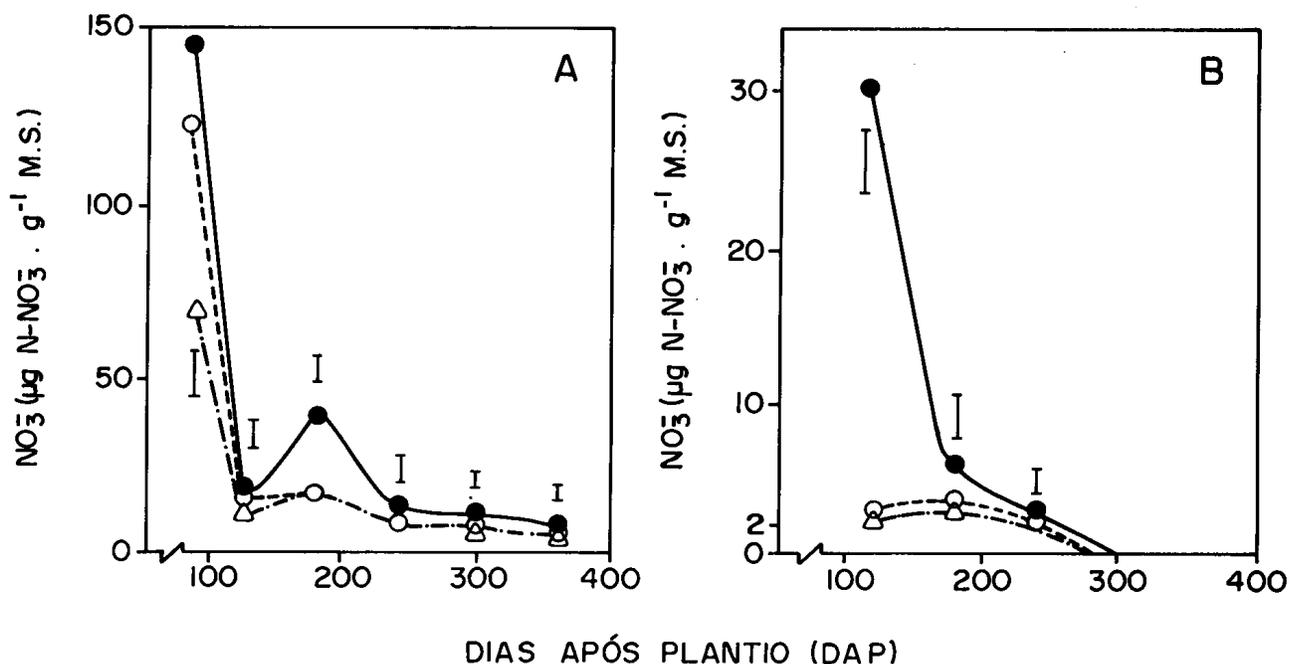


FIGURA 4— Teores de nitrato em colmos (A) e em bainhas (B) de cana-de-açúcar cv. NA 5679, em função das épocas de colheita (DAP). (“Alto N”= ●—●; “vinhaça”= Δ - - - Δ; “testemunha”= ○ - - - ○). Barras representam diferenças mínimas significativas entre médias de tratamentos dentro de épocas ($p=0,05$).

somente aos 180 DAP, em relação ao tratamento controle (Figura 4A). É interessante observar que as bainhas do tratamento “alto N” também apresentaram maiores teores de N-amino livre e proteínas aos 120 DAP em relação aos demais tratamentos (Figuras 3A e 3B). Além disso, as bainhas daquele tratamento apresentaram maiores concentrações de aminoácidos especialmente asparagina e glutamina, não sendo detectada quantidades mensuráveis de amônia livre em colmos, folhas e bainhas (dados não apresentados).

Os teores de nitrato nas folhas, nos três tratamentos, foram muito baixos (menores que $1 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{ MS}$) — (dados não apresentados). Após os 90 DAP, os teores de nitrato em colmos e bainhas decresceram acentuadamente até níveis baixíssimos a partir dos 180 DAP (Figuras 4A e 4B). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Takashi (1965) e Teixeira (1980), indicando que cana-de-açúcar apresenta um sistema de absorção, redução de nitrato e assimilação de amônia bastante ativo nas fases jovens das plantas.

É provável que o nitrato tenha sido intensamente absorvido e assimilado nas fases iniciais

do crescimento (60-120 DAP), em resposta ao nível de N-fertilizante do solo. O teor de nitrato no solo do tratamento “alto N” aumentou cerca de 10 vezes em relação aos dois outros tratamentos, aos 120 DAP (dados não apresentados). Estes resultados estão de acordo com outros trabalhos com cana-de-açúcar (Parthasarathi, 1967; Marezki & De La Cruz, 1967).

É interessante observar o envolvimento das bainhas foliares na assimilação de nitrato. É provável que esta parte da planta atue como um sítio metabólico intermediário, onde o nitrato poderia se acumular circunstancialmente (a partir do fluxo na direção colmo-lâmina foliar), conforme mostram as Figuras 4A e 4B, assim como as amidas asparagina e glutamina envolvidas com o transporte de N-reduzido a partir das folhas. Resultados de trabalhos relatados por Alexander (1973); Bull & Glasziou (1975) Clements (1980); Silveira & Crocomo (1981), oferecem suporte a estas idéias. Desta forma, as bainhas poderiam servir como indicadores de distúrbios nutricionais provocados por carência, excesso ou desbalanço de nutrição nitrogenada.

As atividades de redutase de nitrato (RN) nas

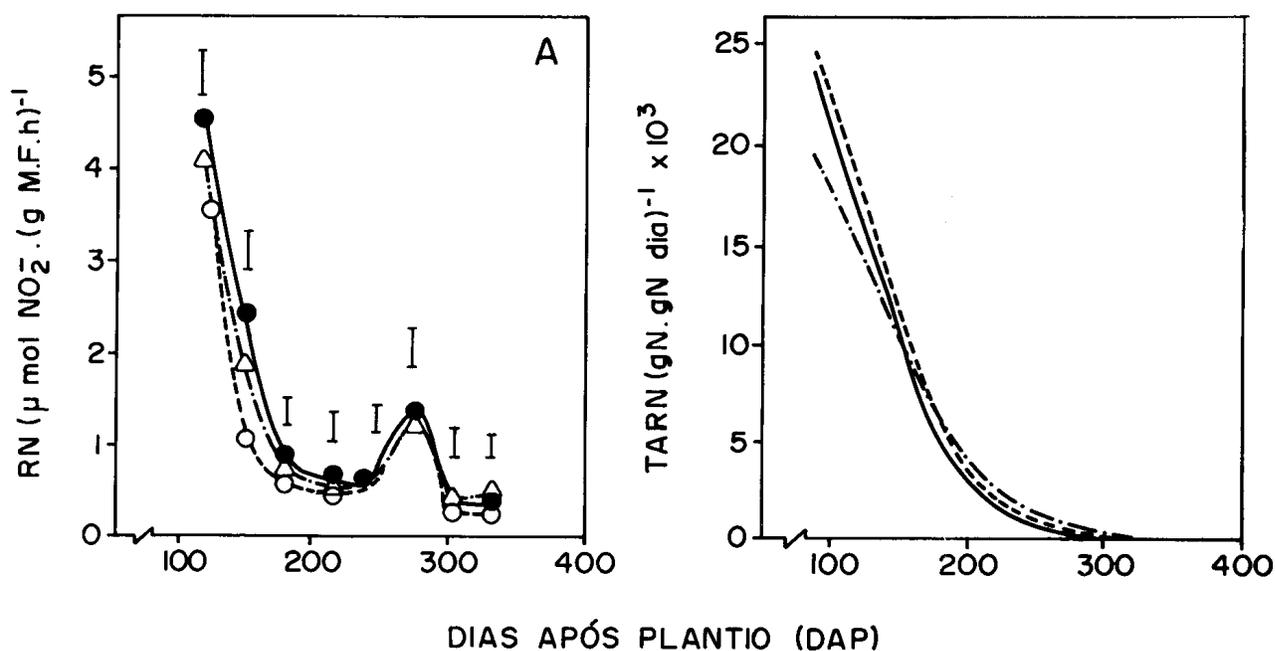


FIGURA 5 — Atividade de Redutase de Nitrato (RN) em folhas (A) e Taxas de Acúmulo Relativo de N (B), na parte aérea de cana-de-açúcar cv. NA 5679, em função das épocas de colheita (DAP). (“Alto N” = ●—●; “vinhaça” = Δ -.- Δ; “testemunha” = ○ - - - ○). Barras representam diferenças mínimas significativas entre médias de tratamentos dentro de épocas ($p=0,05$). (A Figura 5B foi obtida a partir das equações da função logística).

folhas, aos 120 e 150 DAP, foram maiores no tratamento “alto N” seguidas pelo tratamento “vinhaça”. Após este período, os valores de atividade decrescem acentuadamente, nos três tratamentos, até o período de maturação (Figura 5A). Observa-se através das Figuras 5A e 5B, uma estreita correlação entre a atividade de RN e a taxa de acúmulo relativo de N na parte aérea ($\text{gN.gN}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), evidenciando um possível controle na atividade de RN pelo fluxo de nitrato na direção colmo-bainha-folha. (Silveira & Crocorno, 1981) e/ou um controle na absorção de nitrato por RN (Huffaker & Rains, 1978).

Durante a fase inicial de crescimento (60-120 DAP), as maiores atividades de RN (principalmente no tratamento “alto N”) foram positivamente relacionadas com maiores teores de proteínas e com maior crescimento de área foliar (Silveira, 1985). Entretanto, a maior absorção de N e o maior conteúdo de proteínas no tratamento “Alto N” provocaram grandes decréscimos nos teores de açúcares (dados não apresentados), indicando que os “custos energéticos” para estes processos são elevados, o que está de acordo com Barnes &

Holes (1978). É possível que estes custos estejam relacionados com a capacidade de resposta da cultura em termos de kg açúcar produzido/N absorvido, conforme resultados anteriores com a mesma cultivar (Silveira & Crocorno, não publicado).

Os dados apresentados indicaram que os resultados de teores de proteínas em colmos (Figura 2B), teores de nitrato em colmos (Figura 4B), atividade de RN (Figura 5A) e taxa de acúmulo relativo de N (Figura 5B) decresceram de maneira semelhante, em função do tempo. Este quadro sugere que a questão da resposta ou não da cana-de-açúcar ao N-fertilizante aplicado deve envolver, dentre outros fatores, mecanismos de controles genético-fisiológicos, conforme outras evidências lançadas por Gascho et alii (1986). Por outro lado, os resultados reforçaram, as indicações de adubações nitrogenadas no início do ciclo de crescimento da cultura.

Quanto a presença de vinhaça no solo (“tratamento vinhaça”) observou-se menores concentrações de nitrato aos 90 DAP no colmo (Figura 5A) e no solo (dados não apresentados) eviden-

ciando uma possível imobilização e/ou desnitrificação desse ânion após aplicação da vinhaça, estando de acordo com Almeida et alii (1982), Amaral Sobrinho et alii (1983); Leal et alii (1983). Apesar disso, os resultados mostraram que a presença de vinhaça no solo não afetou negativamente a assimilação de nitrogênio, indicada pela atividade de redutase nitrato. Quanto a necessidade ou não de complementação com N-fertilizante no ciclo estudado, os dados disponíveis são insuficientes para responder a questão.

CONCLUSÕES

A cultivar NA56-79, no ciclo de cana-planta de 360 dias, apresenta potencial para acumular quantidades elevadas de nitrogênio em resposta ao aumento no nível de N do solo, nas fases iniciais do desenvolvimento.

A atividade de redutase do nitrato nas folhas é várias vezes maior nos estádios mais jovens, decrescendo acentuadamente no início da maturação e permanece com valores muito baixos até o final do ciclo da cultura.

A taxa de redução do nitrato apresenta uma correlação positiva e linear com a taxa de acúmulo relativo de nitrogênio na parte aérea das plantas. As bainhas foliares acumulam, circunstancialmente no tempo, nitrato e aminoácidos/amidas livres nas plantas crescidas em presença de elevados níveis de N.

A presença de vinhaça no solo não afeta negativamente a taxa de acúmulo de N, a atividade de redutase de nitrato, a composição das frações nitrogenadas e produção de proteínas em folhas, bainhas e colmos de cana-de-açúcar durante o ciclo de crescimento da cultura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IAA/Planalsucar — Programa de Melhoramento da Cana-de-Açúcar, Estação Experimental de Araras, SP, pelas facilidades oferecidas na parte experimental. Em especial, ao Dr. T.S. Gerlad Lee, Chefe da Seção de Fisiologia do IAA-Planalsucar, pela valiosa contri-

buição no delineamento da pesquisa e sugestões oferecidas.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, A.G. Sugarcane Physiology: a comprehensive study of the Saccharum source to sink system. Amsterdam, Elsevier, 1973, 74p.
- ALMEIDA, M.T.; VICTORIA, R.L.; CERRI, C.C. Destino do nitrogênio aplicado ($^{15}\text{NH}_4\text{SO}_4$) como complementação à vinhaça em um solo ácido de Piracicaba, São Paulo. In: COLOQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 2., Piracicaba, 1982. Anais. Piracicaba, CENA-USP, 198 p. 193-96.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.V.; LEAL, J.R. & ROSSIELLO, R.O.P. Denitrificação e imobilização de nitrogênio em solo tratado com vinhaça. Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, 7:442-83, 1983.
- BARNES, A. & HOLÉ, C.C. A theoretical basis of growth and maintenance respiration. Ann. Botany, Londres, 12: 1217-221, 1978.
- BITTENCOURT, V.C.; FAGENELLO, B.F.; SALATA, J.C. Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar planta. STAB, Piracicaba, 5:25-9, 1986.
- BOLTON, J.K. & BROWN, R.H. Photosynthesis of grass species differing in carbon dioxide fixation pathways. V. Response of Panicum maximum, Panicum milioides and tallfescue (Festuca arundinacea) to nitrogen nutrition. Plant Physiol., Bethesda, 66:97-100, 1980.
- BULL, T.A. & GLASZIOU, K.T. Sugarcane. In: EVANS, L.T. (ed.) Crop Physiology Some case histories. Cambridge, Cambridge University Press, 1975 p.51-72.
- CLEMENTS, H.F. Sugarcane crop logging and crop control: principles and practices. Honolulu, Univ. Press of Hawaii, 1980.520p.
- GASCHO, G.J. ANDERSON, D.L.; OZAKI, H.Y. Cultivar dependent sugarcane response to nitrogen. Agron. J., Madison, 78:1064-69, 1986.
- GINE, M.F.; REIS, B.F.; ZAGATTO, E.A.G.; KRUG, F.J.; JACINTHO, A.O. A simple procedure for standard additions in flow injection analysis. Anal. Chim. Acta, Washington, 155:131-38, 1983.
- GLORIA, N.A. & ORLANDO F^o. J. Aplicação da vinhaça como fertilizante. Boletim técnico. PLANALSUCAR, Piracicaba, 38p. 1983.
- HAGEMAN, R.H. & HUCKLESBY, D.P. Nitrate reductase from higher plants. In: KAPLAN & COLOWICK (ed.). METHODS IN ENZYMOLOGY. New York, Academic Press, 1971.p. 491-503, v. 17A.
- HESKETH, J.D. & JAMES, J.W. Integrating traditional grower analysis techniques with recent modeling of carbon and nitrogen metabolism. In: HESKETH, J.D. & JAMEES, J.W. (Ed.). Predicting photosynthesis for ecosystem models. Boca Raton, CRC Press, 1980.p.51-92.
- HUFFAKER, R.C. & RAINS, D.W. Factor influencing nitrate acquisition by plants; assimilation and fate of reduced nitrogen In: NIELSEN, D.R. & MacDONALD, J.G. (Ed.). Nitrogen in the environment. London, Academic Press, 1978. vvol.7, p.1-43.
- HUNT, R. Plant growth analysis. 2.ed. London, 1981. 67p. (studies in Biology, 96).
- JONES, J.W.; J.D.; KAMPRATH, E.J.; BOWEN, H.D. Development of a nitrogen balance for cotton growth models: a first approximation. Crop Sciece, Madison, 14: 541-46, 1974.
- JORGENSEN, S.S. Guia analítico; metodologia utilizada para análise de rotina. Piracicaba, CENA/USP, 1977.23p.
- KABAT, E.A. & MAYER, M.M. Ninhydrin method. In: THOMAS, C.C. (Ed.), Experimental immunochemistry. Spring Field, 1967.p. 560-63.
- LEAL, J.R.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; ROSSIELLO, R.O.P. Potencial redox e pH: va-

- riações em um solo tratado com vinhaça. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 7: 257-61, 1983.
- LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.I.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the phenol reagent. J. Biol. Chem. Baltimore, 193: 265-75, 1952.
- MARETZKI, A. & DE LA CRUZ, A. Nitrate reductase in sugarcane tissues. Plant & Cell Physiol., Kyoto, 8: 605-11, 1967.
- MARCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 1986, 674p.
- NOVOA, R. & LOOMIS, R.S. Nitrogen and plant production. Plat and Soil, The Hague, 58: 177-204, 1981.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L.; TREMOCOLDI, W. Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Araras. Boletim Técnico. Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas. (71):23-29, 1982.
- PARTHASARATH, K. Contributions to a biochemical study of sugarcane: 3. Nitrate reductase activity and potencial nitrate and their use in determining the relative field capacity of cane varieties. Proc. Ind. Acad. Sci., 59B, p. 91-5, 1967.
- PEARSON, C.J. & MUIRHEAD, W.A. Nitrogen uptake. In: PEARSON, C.J. (Ed.). Control of crop productivity London, Academic Press, 1984. 315p.
- RAPER Jr., C.D.; PARSONS, L.R.; PATTERSON, D.T.; KRAMER, P.J. Relationship between growth and nitrogen accumulation for vegetative cotton and soybean plants. Bot. Gaz., Chicago, 138: 129-37, 1977.
- ROSSIELLO, R.O.P. Bases fisiológicas da acumulação de nitrogênio e potássio em cana-de-açúcar (Saccharum spp. cv. NA56-79) em resposta à adubação nitrogenada em Cambissolo. Piracicaba, 1987. 172p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SILVA, G.M.A. & GURGEL, M.N.A. Aplicação de vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar em solo L.E., fase arenosa. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2., Rio de Janeiro, 1981. Anais. STAB-Rio de Janeiro, 1981.
- SILVEIRA, J.A.G. da. Interações entre assimilação de 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).
- SILVEIRA, J.A.G. da & CROCOMO, O.J. Biochemical and physiological aspects of sugarcane (Saccharum spp;) I. Effect of NO₃ nitrogen concentration on the metabolism of sugars and nitrogen. Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 3:19-33, 1981.
- SILVEIRA, J.A.G. da & CROCOMO, O.J. Efeitos de nitrogênio e potássio na utilização de nitrato e distribuição de carboidratos em cana-de-açúcar. Rev. Agropec. bras., Brasília, (no prelo).
- STEVENS, W.L. Assymptotic regression. Biometrics, Washington, 7: 244-67, 1951.
- TAKASHI, D. Nitrate in sugarcane. In: HAWAIIAN SUGAR PLANTER'S ASSOCIATION. Annul Report. 1965. Hawaii, 1965. 34p.
- TEIXEIRA, N.T. Comportamento do nitrogênio "solúvel" em cana-de-soca em condições de campo e em variedade de cana-de-açúcar cultivadas em solução nutritiva. Piracicaba, 1980. 83p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- WETHERBURN, M.W. Phenol hipochloride reaction for determination of ammonia. Anal. Chem., Washington, 39: 971-74, 1967.

TÉCNICAS E APLICAÇÕES DA CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS

A associação Brasileira de Cultura de Tecidos de Plantas (ABCTP) lança o livro Técnicas e Aplicações da Cultura de Tecidos de Plantas. Vários cientistas do País e do exterior contribuíram com esta publicação. O livro é dividido em 5 partes: Introdução, Técnicas Básicas, Morfogênese, Aplicações no Melhoramento e Biologia Molecular. Um glossário de termos técnicos está incluído na obra.

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos ao preço unitário de 20 BTN_x, em cheque nominal à ABCTP, no seguinte endereço.

Antonio Carlos Torres
EMBRAPA - CNPH
C. P. 07-0218
70.359 - Brasília - DF