

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO N-FERTILIZANTE EM CANA-DE-AÇÚCAR
RELACIONADO À INTERAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Glauber José de Castro Gava

Eng. Agr., Dr., PqC do Polo Regional Centro Oeste/APTA

ggava@apta.sp.gov.br

Oriel Tiago Kölln

Eng. Agr., Ms, Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA/USP

orielkolln@cena.usp.br

Adolfo Bergamo Arlanch

Eng. Agr., Universidade Estadual do Norte do Paraná UENP

adolfoarlanch@gmail.com

O setor sucroenergético tem significativa importância para o agronegócio brasileiro gera emprego e renda em escala nacional. Há alguns anos que a cana-de-açúcar ganhou interesse global como matéria-prima para produção de biocombustíveis devido ao seu equilíbrio de energia ser potencialmente positivo (RENOUF et al., 2008; SMEETS et al., 2009).

Aliado a isso, com o aumento da frota nacional de carros bicombustíveis, a demanda por etanol hidratado teve expressiva elevação. Assim, melhorar o manejo nutricional da cana-de-açúcar a fim de elevar as produtividades dos canaviais é de essencial importância para suprir parte da elevação da demanda nacional e mundial de etanol, observada nas últimas safras.

As maiores limitações de produtividade da cana-de-açúcar nas regiões canavieiras do Brasil não se relacionam à radiação solar, temperatura, mas à disponibilidade de quantidades adequadas de nutrientes minerais nos solos com destaque para N e P (NOVAIS & SMYTH, 1999; TRIVELIN, 2000).

São muitos os trabalhos encontrados na literatura que mostram a importância do N na cultura da cana-de-açúcar (GAVA et al., 2010; FRANCO et al., 2011). O nutriente encontra-se em apenas 1% da massa seca total da planta, mas sua deficiência causa redução na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura (EPSTEIN & BLOOM, 2004; MALAVOLTA, 2006).

Entretanto, existe uma questão não esclarecida na cultura que é a baixa resposta à adubação nitrogenada, principalmente em cana-planta. Constatou-se, na literatura, ausência de resposta na maioria dos experimentos conduzidos no ciclo de cana-planta.

A baixa eficiência de utilização do N-fertilizante (EUNF) tem sido atribuída à fixação biológica do N atmosférico; às perdas por lixiviação de N-fertilizante; às condições climáticas como temperatura e pluviosidade; à melhoria da fertilidade do solo após a reforma dos canaviais associada à calagem, ao preparo mecânico e à incorporação de restos da cultura anterior (AZEREDO et al., 1986; URQUIAGA et al., 1992; ORLANDO FILHO et al., 1999).

Uma possível forma de elevar a EUNF com aumento de produtividade da cultura seria a identificação e exploração do chamado "efeito sinérgico", definido como sendo as interações positivas de elementos que atuam em conjunto, promovendo elevação do crescimento e desenvolvimento vegetal. Na literatura já foi constatado este efeito de interação positiva entre os elementos: nitrogênio e água (GAVA et al., 2010), nitrogênio e enxofre, (BROWN et al., 2000) e nitrogênio com fósforo (ALVAREZ et al., 1991; IQBAL & IQBAL, 2001).

O fósforo tem elevada importância nas reações fotossintéticas e no metabolismo de carbono, processos estes fundamentais para assimilação e utilização do N (ALVES et al., 1999; ELSER et al., 2007). Segundo DAVIDSON & HOWARTH, (2007), esses dois nutrientes interagem de forma sinérgica, sendo que ambos promovem aumentos na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com aplicação de cada nutriente isoladamente.

Na cana-de-açúcar o fósforo atua tanto no crescimento quanto na produção de sacarose, constitui cerca de 0,2% da massa seca das plantas e participa de um grande número de compostos na mesma. É componente estrutural de macromoléculas, como ácidos nucleicos e fosfolípidios, e também da adenosina trifosfato (ATP), sendo um elemento chave de várias vias metabólicas e reações bioquímicas, tais como inúmeras etapas do ciclo de Calvin e da

glicólise (KERBAUY, 2004; EPSTEIN & BLOOM, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2004; MALAVOLTA, 2006).

A biodisponibilidade de fósforo na planta pode causar grandes alterações na absorção e no metabolismo do nitrogênio (MAGALHÃES, 1996; NOVAIS & SMITH, 1999; GROOT et al., 2003; AULAKH & MALHI, 2004). Em plantas expostas a um suprimento inadequado de P, observou-se redução na absorção do nitrato da solução nutritiva, sendo que o transporte de nitrato das raízes para a parte aérea também diminuiu. No entanto, nas plantas com suprimento adequado de P o acúmulo de aminoácidos foi elevado em folhas e raízes (ALVES et al., 1998, NOVAIS & SMITH, 1999).

MAGALHÃES (1996) constatou grande influência da disponibilidade de P na absorção e metabolismo do N pelo milho. Plantas bem supridas de P antes e durante o estudo de cinética apresentaram absorção de nitrato praticamente constante durante o experimento. No entanto, plantas que foram privadas desse elemento antes e durante a fase experimental, não conseguiram absorver o nitrato da solução nutritiva.

ALVES et al. (1999) observaram redução substancial dos teores de N total em folhas de plantas de milho, cultivadas em solução nutritiva, quando elas foram submetidas a períodos crescentes de omissão de P na solução. Também em milho, Magalhães (1996) verificou que a absorção de nitrato da planta foi extremamente sensível à omissão de P em solução nutritiva. Um período de omissão de dois dias provocou redução de 65% da absorção de nitrato em relação à testemunha. Quatro dias de omissão de P resultaram em absorção de nitrato quase nula. Entretanto, embora tenha ocorrido redução na absorção de amônio com o aumento do período de omissão de P na solução, esta não foi tão acentuada quanto comparada a de nitrato (MAGALHÃES, 1996).

A contribuição positiva da interação dos nutrientes: nitrogênio e fósforo, na elevação da produtividade e na eficiência agrônômica do N-fertilizante (kg de grãos e colmos por kg de N-fertilizante aplicado), foi verificada em várias culturas no trabalho de revisão de AULAKH & MALHI, (2004) apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Contribuição da interação entre os nutrientes: N e P, na produtividade (Prod.), na eficiência agrônômica de N-fertilizante (Ef. agr.) e na recuperação aparente de nitrogênio (RAN) de várias culturas.

Planta	Variável	N ₀ e P ₀	N	P ₂ O ₅	N + P ₂ O ₅	Ref.*
		0 kg ha ⁻¹	------(dose fertilizante kg ha ⁻¹)-----			
Trigo	Prod. (kg ha ⁻¹)	1.750	4.187(120)**	1.947 (60)	5.057	(1)
	Ef. agr.***	-----	20	-----	26	
	RAN (%)	-----	45	-----	56	
Arroz	Prod. (kg ha ⁻¹)	2.940	5.530 (120)	3.243 (60)	6.190	(1)
	Ef. agr.	-----	21	-----	25	
	RAN (%)	-----	35	-----	42	
Sorgo	Prod. (kg ha ⁻¹)	2.270	3.670 (120)	3.450 (60)	5.500	(2)
	Ef. agr.	-----	11	-----	17	
Milho	Prod. (kg ha ⁻¹)	1.190	4.750 (100)	2.250 (60)	6.750	(3)
	Ef. agr.	-----	35	-----	45	
Cana	Prod. (kg ha ⁻¹)	92.038	108.070 (160)	108.015 (180)	126.456	(4)
	Ef. agr.	-----	675	-----	790	
Cana	Prod. (kg ha ⁻¹)	44.070	57.400 (200)	49.800 (150)	76.640	(5)
	Ef. agr.	-----	287	-----	383	

* Ref, significa referencias: (1) Dwivedi et al. (2003); (2) Roy & Wright, (1973), (3) Satyanarayana et al. (1978); (4) Alvarez et al. (1991); (5) Iqbal & Iqbal, (2001).** os valores entre parênteses significam as doses de fertilizantes aplicadas em kg ha⁻¹. *** Ef. agr. significa: eficiência agrônômica (kg de grão e colmos por kg de N-fertilizante aplicado).

O desdobramento do fatorial NPK desenvolvido por ALVAREZ et al. (1991) demonstraram respostas positivas da interação de N e P sobre a produtividade de colmos por hectare (TCH) da cultivar CB41/76 em 19 sítios experimentais. Verificou-se em dois grupos de solos, um com baixo e outro com médio a elevado teor de fósforo, uma regressão linear múltipla positiva, formando superfícies de respostas com configuração sinérgica (Figura 1).

A) $TCH = 101,327 + (0,0980 * P) + (0,104 * N)$
 $R^2=0,92^*$. *Significativo ($p<0,05$)
 Doses de K_2O 200 $kg\ ha^{-1}$, teor de P no solo de 0 a 15 $mg\ dm^{-3}$

B) $TCH = 90,325 + (0,0706 * P) + (0,0776 * N)$
 $R^2= 0,72^*$. *Significativo ($p<0,05$)
 Doses de K_2O 200 $kg\ ha^{-1}$, teor de P no solo de 15 a 55 $mg\ dm^{-3}$

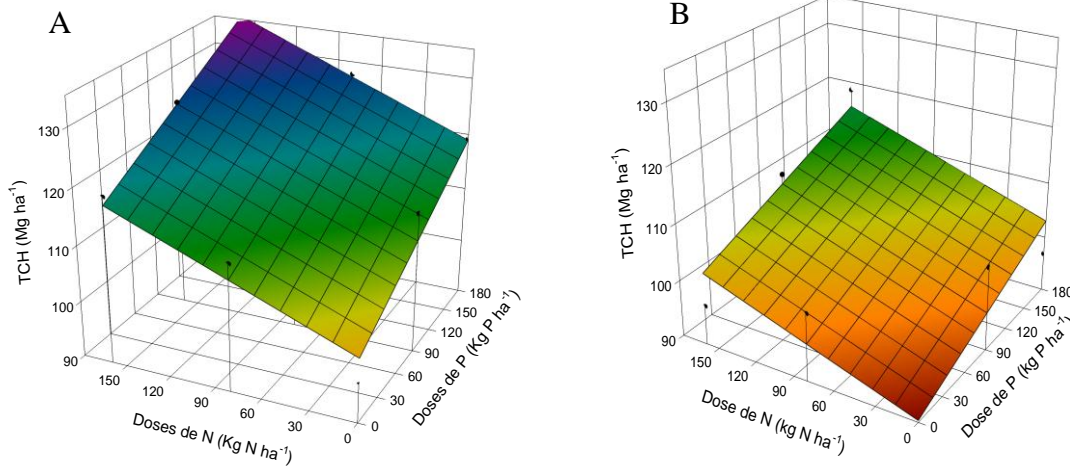


Figura 1. Produção de colmos por hectare de cana-de-açúcar (TCH), em função da adubação de N e P em solos com baixos teores de P (a), e médios a altos (b). Adaptado de ALVAREZ et al. (1991).

A assimilação de N e a produtividade diminuíram em plantas quando elas cresceram em ambientes com pouco fósforo disponível na solução do solo. Três efeitos distintos têm sido identificados para explicar este fato: i) a absorção de nitrato pelas raízes decresce; ii) a translocação de nitrato das raízes para a parte aérea diminui devido á restrição do transporte do simplasto da raiz para o xilema e; iii) a taxa de produção de matéria seca diminui devido a diminuição da fixação de CO₂ e queda de fotossíntese (RUTFY et al., 1990; AULAKH & MALHI, 2004).

Portanto, o P é um nutriente cuja disponibilidade é de fundamental importância para elevar a produção de energia (ATP), necessária para assimilação e o transporte ativo de nitrato (RUTFY et al., 1990), tendo reflexos diretos sobre a eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenados (EUFN), resultando em uma elevação dos potenciais de produtividade das plantas e minimizando a quantidade de nutrientes de fertilizantes deixados no solo após a colheita, reduzindo assim o potencial de impactos ambientais negativos (AULAKH & MALHI, 2004)

Referências

ALVAREZ, R.; WUTKE, A. C. P.; ARRUDA, H. V.; VAN RAIJ, B.; GOMES, A. C.; ZINK, F. Adubação da cana-de-açúcar: XIV. Adubação NPK em latossolo roxo. **Bragantia**, v. 2, p.359-374, 1991.

ALVES, V. M. C.; MAGALHÃES, J. V.; NOVAIS, R. F. BAHIA FILHO, A. F. de C.; OLIVEIRA, C. A.; FRANÇA, C. C. de M. Localização de fósforo e de nitrogênio afetando os parâmetros cinéticos de absorção de nitrogênio em milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, p.197-201, 1998.

ALVES, V. M. C.; MAGALHÃES, J. V.; VASCONCELLOS, C. A.; NOVAIS, R. F.; BAHIA FILHO, A. F. C.; FRANÇA, G. E.; OLIVEIRA, C. A.; FRANÇA, C. C. M. Acúmulo de nitrogênio e de fósforo em plantas de milho afetadas pelo suprimento parcial de fósforo às raízes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 23, p. 299-305, 1999.

AULAKH, M. S.; MALHI, S. S. Fertilizer nitrogen use efficiency as influenced by interactions with others nutrients. In: Agriculture and nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment. Eds. MOSIER, A. R.; SYERS, J. K.; FRENEY, J. R. Washington, **Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)**. 2004, 296p.

AZEREDO, D. F.; BOLSANELLO, J.; WEBER, H.; VIEIRA, J. R. Nitrogênio em cana planta – doses e fracionamento. **STAB**, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, v.6, p.26-33, 1986.

BROWN, L., D. SCHOLEFIELD, E. C. JEWKES, N. PREEDY, K. WADGE, and M. BUTLER. The effect of sulphur application on the efficiency of nitrogen use in two contrasting grassland soils. **Journal Agriculture Science**, Cambridge, v. 135, p.131 -138 2000.

DAVIDSON, E. A.; HOWARTH, R. W. Nutrients in synergy, *Nature*, v. 449, p.1000-1001, 2007.

DWIVEDI, B. S.; SHUKLA, A. K.; SINGH, V. K.; YADAV, R. L. Improving nitrogen and phosphorus use efficiencies through inclusion of forage cowpea in the rice-wheat system in the Indo-Gangetic plains of India. **Field Crop Research**, v. 80, p.167 -193, 2003.

ELSER, J. J.; BRACKEN, M. E. S.; CLELAND, E. E.; GRUNER, D. S.; HARPOLE, W. S.; HILLEBRAND, H.; NGAI, J. T.; SEABLOOM, E. W.; SHURIN, J. B.; SMITH, J. E. Global

analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. **Ecology Letters**, v. 10, p. 1-8, 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Sunderland: Sinauer Associates, 400 p., 2004.

FRANCO, H.C.J.; OTTO, R.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O. . Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer in Brazilian field conditions. **Field Crops Research**, v. 121, p. 29-41, 2011.

GAVA, G. J. C. ; KÖLLN, O.T. ; URIBE, R.A.M.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*). In: Carlos Alexandre Costa Crusciol. (Org.). **Tópicos em Ecofisiologia da Cana-de-açúcar**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, 2010, v. 1, p. 49-66.

GROOT, C. C.; MARCELIS, L. F. M.; VAN DEN BOOGAARD, R.; KAISER, W. M.; LAMBERS, H. Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. *Plant and Soil*, v. 248, p.257-268, 2003.

IQBAL, E. A.; IQBAL, K. Effect of different nitrogen and phosphorus levels quantitative e qualitative traits of sugarcane. **Journal of Biological Sciences**, v. 4, p. 240 – 241, 2001.

KERBAUY, G. B. Fisiologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

MAGALHÃES, J. V. Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays L.*) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva. Viçosa, 1996. 76p. **Dissertação de Mestrado** em Solos e Nutrição de Plantas -Universidade Federal de Viçosa, 1996.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 2006. 638p.

NOVAIS, R. F; SMYTH, T. J. Fósforo em Solo e Planta em Condições Tropicais. Viçosa: UFV, DPS,1999, 399p.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A.; BELTRAME, J. A.; LAVORENTI, N. A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. **STAB**, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, Piracicaba, v.17, n.4, p.39-41, 1999

RENOUF M. A.; WEGENER M. K.; NIELSEN L. K. An environmental life cycle assessment comparing Australian sugarcane with US corn and UK sugar beet as producers of sugars for fermentation. **Biomass Bioenergy**, v. 32, p.1144–1155, 2008.

ROY, R. N.; WRIGHT, B. C. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility. I. Dry matter accumulation pattern, yield and N content of grain. **Agronomy Journal**, v. 65, p. 709 -711, 1973.

RUTFY JUNIOR, T. W.; MACKOWN, C. T.; ISRAEL, D. W. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. *Plant Physiology*, v. 94, p. 328-333, 1990.

SATYANARAYANA, T.; BANDANUR, V. P.; HAVANAGI, G. V. Response of mayze to nitrogen, phosphorus and potassium on acid sandy loam soils Bangalore. **Indian Journal of Agronomy**, v. 23, p. 49-51, 1978.

SMEETS, E. M. W.; BOUWMANW, L. F.; STEHFEST, E. VAN VUUREN, D. P; POSTHUMA, A. Contribution of N₂O to the greenhouse gas balance of first generation biofuels. **Global Change Biology**, v. 15, p.1–23, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com uso do traçador ¹⁵N. Piracicaba: USP, 2000. 143 p. **Tese de Livre Docência**.

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.