

# Adubação com fósforo em cana-soca e sua interação com magnésio

Fernando César Bachiega Zambrosi (\*)

Instituto Agronômico, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP), Brasil.

(\*) Autor correspondente: zambrosi@iac.sp.gov.br

Recebido: 6/fev./2012; Aceito: 17/jul./2012

## Resumo

Existem dúvidas a respeito da eficiência da adubação fosfatada na cana-soca, bem como, em relação às interações do fósforo (P) com outros nutrientes que poderiam afetar as respostas da cultura à reaplicação de P. Realizou-se um estudo para avaliar os possíveis efeitos da aplicação de P (45 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na ausência ou na presença de adubação com Mg (50 kg ha<sup>-1</sup> de Mg) sobre a produção de colmos da cana-soca. A adubação fosfatada promoveu acréscimos de 17% na produção de colmos em relação ao tratamento controle (sem fertilizante fosfatado), porém, não dependeu da adubação com Mg, indicando que a aplicação deste nutriente não foi determinante para a ocorrência de resposta ao P. O estado nutricional em P da cana-de-açúcar também não foi influenciado pela aplicação de Mg, sendo alterado exclusivamente pela adubação fosfatada. O teor foliar de P aumentou significativamente (p<0,05) de 1,4 g kg<sup>-1</sup> no controle para 1,7 g kg<sup>-1</sup> e 1,9 g kg<sup>-1</sup> nos tratamentos que receberam 45 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente. A eficiência de uso de fertilizante nitrogenado e potássico para a produção de colmos foi aumentada com a adubação fosfatada, com ganhos de 21% e 16% respectivamente. Os resultados sugerem que o incremento de produtividade na soqueira da cana-de-açúcar em solo com baixo teor disponível de P pode ser obtido com a reaplicação do nutriente, o que deve estar relacionado à melhoria do estado nutricional em P da cultura.

Palavras-chave: *Saccharum*, acúmulo de nutrientes, eficiência fertilizante, estado nutricional.

## Phosphorus fertilization in sugarcane ratoon and its interaction with magnesium

### Abstract

There are still doubts with regard to the efficiency of P fertilization in the sugarcane ratoon and the interaction between P and other nutrients that could affect the responses to P reapplication. An experiment was set up to evaluate the effects of P rates (45 and 90 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) applied either in the absence or presence of Mg fertilizer (50 kg ha<sup>-1</sup> of Mg) on the stalk yield, of sugarcane ratoon. P fertilization increased stalk yield in 17% compared to the control treatment (no P fertilizer). However, such response did not depend on Mg fertilization, suggesting that Mg was not critical to the occurrence of P response. The P nutritional status of sugarcane was not also affected by Mg application, being altered exclusively by P fertilization. P content in the leaves varied significantly (p<0.05) from 1.4 g kg<sup>-1</sup> in the control to 1.7 g kg<sup>-1</sup> and 1.9 g kg<sup>-1</sup> in the treatments with application of 45 and 90 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectively. P fertilization increased in 21% and 16%, the efficiency in the use of N and K fertilizers, respectively, compared to the control. The results suggest that increases in the yield of sugarcane ratoon cultivated in a low-P soil can be obtained with P reapplication, what might be related to the improvements on the P nutritional status of the plants.

Key words: *Saccharum*, nutrients accumulation, fertilizer efficiency, nutritional status.

## 1. INTRODUÇÃO

A baixa disponibilidade de fósforo (P) no solo afeta de forma negativa o perfilhamento, desenvolvimento das folhas, comprimento e diâmetro dos entrenós da cana-de-açúcar, acarretando reduções de crescimento (ALVAREZ et al., 1960; ALVAREZ e PACHECO, 1963). Desta forma, a aplicação de P na cultura promove aumentos significativos na produção de colmos (REIS e CABALA-ROSAND, 1986; MORELLI et al., 1991). Porém, a mesma magnitude de resposta para a adubação com

P não é observada na cana-soca, com ganhos menos acentuados de produtividade em relação à ausência da reaplicação de P (KORNDORFER e ALCARDE, 1992a). Esse padrão de resposta tem sido relacionado ao efeito residual do nutriente aplicado no plantio e à maior eficiência da cana-soca em acumular P (KORNDORFER e ALCARDE, 1992b). Além disso, devido à adsorção do ânion fosfato na superfície dos minerais de argila e sua pequena mobilidade no solo (FONTES e WEED, 1996), considera-se que há baixo aproveitamento pelas soqueiras do nutriente recentemente aplicado. Estes fatores

têm contribuído para recomendações de menores quantidades de P (PRASAD, 1976; RAIJ et al., 1997), ou mesmo, a ausência do nutriente nas formulações de fertilizantes comumente utilizadas para a cana-soca.

Embora seja argumentado que as doses de P utilizadas no plantio seriam suficientes para atender as exigências da cultura durante vários ciclos de crescimento, a disponibilidade do nutriente é significativamente diminuída ao longo do tempo (KORNDORFER e ALCARDE, 1992a; KORNDORFER e MELO, 2009). Desta maneira, é possível que os níveis de P no solo não sejam compatíveis com a demanda da cana-de-açúcar, e também, para a manutenção do máximo potencial produtivo em cortes subsequentes. Esse processo pode ser exemplificado pelo estabelecimento de correlação positiva entre a produção de colmos no ciclo de segunda soqueira e o teor de P na camada subsuperficial (LANDELL et al., 2003). Esse resultado reflete, portanto, o potencial de resposta da cana-soca aos incrementos na disponibilidade de P no solo, e a necessidade de avaliar os efeitos da reaplicação do nutriente.

Considerando que a resposta à adubação fosfatada é ainda influenciada pela interação com outros nutrientes, estudos envolvendo tal abordagem poderiam contribuir para avanços no manejo da adubação para a cana-de-açúcar. Por exemplo, sugere-se importante interação entre P e Mg, uma vez que este cátion participa da ativação de enzimas quinases e da maioria das reações que atuam na transferência de P (MARSCHNER, 1995; FAGERIA, 2001). Esse fato deve estar relacionado aos efeitos negativos da condição de deficiência de Mg sobre a taxa de absorção e teores de P na raiz e parte aérea (FAGERIA, 1983; LASA et al., 2000), indicando assim, que a disponibilidade inadequada de Mg no solo poderia ser um fator limitante para respostas à adubação com P. Espera-se, portanto, que o estado nutricional em Mg da cana-soca seja favorecido por adubações com este nutriente, e que possa resultar em ganhos de produtividade para a cultura.

De acordo com o exposto, o presente estudo foi desenvolvido com base na hipótese que o estado nutricional em P da cana-de-açúcar, e a resposta à adubação com esse nutriente na cana-soca são influenciados pela aplicação conjunta do fertilizante magnésio. Desta maneira, objetivou-se estudar os possíveis efeitos da adubação com P e Mg sobre o estado nutricional, acúmulo de nutrientes nos colmos, e a produtividade da soqueira de cana-de-açúcar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em condições de campo, localizado em área produtora de cana-de-açúcar no município de Penápolis (SP), durante a safra agrícola 2010–2011. A área escolhida correspondia à cana de segunda soca da variedade SP81-3250, plantada em Latossolo Vermelho-Amarelo, que vem sendo cultivado com cana-de-açúcar

desde 2003. Em outubro de 2007, foram aplicados, respectivamente, 2,5 e 1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário e gesso, seguindo-se a incorporação ao solo com arado de aiveca e grade intermediária. A área foi deixada em pousio até março de 2008, quando se realizou nova aração e gradagem antes do plantio da variedade SP81-3250. A adubação básica correspondeu a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com base em RAIJ et al. (1997).

Após o primeiro corte em setembro de 2009, a adubação da soqueira consistiu de 110 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. O experimento em cana-soca (segunda soqueira) foi instalado no início de novembro de 2010, aos 45 dias após o corte manual procedido de queima, em área uniforme quanto à brotação das plantas. Anteriormente ao início do experimento, o solo tinha as seguintes características químicas, respectivamente, para as camadas de 0–0,2 m e 0,2–0,4 m: matéria orgânica=12 e 10 g dm<sup>-3</sup>; pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>=5,1 e 5,0; P-resina=5 e 3 mg dm<sup>-3</sup>; K=0,6 e 0,8; Ca=14,0 e 12,0; Mg=5,0 e 4,0; H+Al=23,0 e 22,0; Al=1,0 e 1,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, determinadas segundo RAIJ et al. (2001). O local foi escolhido pelo teor médio a baixo de Mg e muito baixo de P (RAIJ et al. 1997), bem como, pela disponibilidade de Ca e condições de acidez não limitantes à cultura (RAIJ et al., 1997; ROSSETTO et al., 2004).

Os tratamentos corresponderam à combinação de 45 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P45) e 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P90), mais um tratamento-controle (sem aplicação de P, P0), com a ausência de Mg (Mg0) ou adubação com 50 kg ha<sup>-1</sup> de Mg (Mg50), totalizando seis tratamentos. O delineamento experimental consistiu de blocos ao caso, com quatro repetições, sendo cada parcela formada por cinco linhas de cana-de-açúcar com dez metros de comprimento cada uma.

Anteriormente à aplicação dos fertilizantes, foram abertos sulcos em ambos os lados e distantes a aproximadamente 0,30 m da linha de plantio, a uma profundidade de 0,10–0,15 m com cultivador para cana-soca acoplado a um trator. Após a abertura dos sulcos, os fertilizantes fosfatado e magnésio foram distribuídos manualmente em aplicação única, juntamente com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e 130 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (RAIJ et al., 1997). As fontes utilizadas foram o superfosfato triplo, nitrato de magnésio, nitrato de amônio e cloreto de potássio. Durante a realização do experimento, a precipitação pluviométrica total foi equivalente a 1187 mm.

Para avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar, efetuou-se aos 3,5 meses da aplicação dos tratamentos, a amostragem da folha +1 (RAIJ et al., 1997). A coleta do experimento foi realizada após 11 meses do corte anterior (aos 9–10 meses da aplicação dos tratamentos). Em cada parcela experimental, a área útil correspondeu às três linhas centrais, desconsiderando-se dois metros iniciais em cada extremidade. Os colmos foram cortados manualmente, despilhados, separados dos ponteiros e pesados para quantificar a produtividade (t ha<sup>-1</sup>). Em cada parcela, subamostras de colmos foram coletadas, lavadas e secas em estufa de

circulação forçada de ar a 60 °C para estimativa da umidade. A determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas amostras das folhas +1 e de colmos foi realizada segundo BATAGLIA et al. (1983). Com base nos resultados de massa seca e de teores, foram calculados os acúmulos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de nutrientes nos colmos. A eficiência de uso de fertilizante nitrogenado (EUN) e potássico (EUK) em cana-soca foi calculada como segue: EUN ou EUK ( $\text{t colmos kg}^{-1}$  de N ou  $\text{K}_2\text{O}$  aplicado) = (produção de colmos,  $\text{t ha}^{-1}$ )/(quantidade de N ou  $\text{K}_2\text{O}$  aplicada,  $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, realizadas as comparações de médias pelos testes F e Duncan a 5% de probabilidade, com desdobramento dos fatores para o caso de interação significativa na ANOVA. Análises de correlação simples também foram estabelecidas entre variáveis previamente selecionadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados não confirmaram a hipótese do trabalho, de que a resposta da cana-soca à reaplicação de P seria influenciada pela adubação com Mg, uma vez que não foi observada interação significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos de P e Mg para a produção de colmos. A aplicação de Mg também não afetou a produtividade da cana-soca, obtendo-se na média dos tratamentos de P, o equivalente a 86,3 e 85,7  $\text{t ha}^{-1}$  de colmos, respectivamente, para Mg0 e Mg50. Existem, portanto, indicativos que o teor de 5  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$  de Mg na camada de 0-0,2 m não seria limitante para a produção da cultura e ocorrência de respostas à adubação fosfatada. Esse resultado sugere, ainda, baixo potencial de resposta da cana-soca à adubação com Mg, desde que, a quantidade aplicada de 50  $\text{kg ha}^{-1}$  seria suficiente para atender à demanda pelo nutriente (PRADO et al., 2002). A adubação com 45 e 90  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , na média dos tratamentos de Mg, aumentou em 17% a produção de colmos quando comparado ao P0, que não recebeu fertilizante fosfatado (Figura 1). Entretanto, a aplicação de 45  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  foi provavelmente suficiente para atender à exigência por P da cana-soca, pois a produtividade para esta dose não diferiu daquela obtida com 90  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Os resultados deste trabalho, juntamente com aqueles obtidos por KORNDORFER e

ALCARDE (1992a), que observaram ganhos de produtividade após adubação fosfatada, demonstram o potencial da cana-soca para responder à reaplicação de P em solos com baixos teores do nutriente, reforçando a importância da adoção desta prática em áreas produtoras.

O estado nutricional em P da cana-de-açúcar não foi afetado pela adubação com Mg, ou pela interação entre os tratamentos de P e Mg ( $p>0,05$ ). Porém, os teores de P nas folhas aumentaram em 21% e 36% em relação ao controle para P45 e P90 respectivamente (Tabela 1). Esses resultados corroboram KORNDORFER e ALCARDE (1992b), que verificaram efeito positivo da adubação fosfatada nos teores foliares de P em ciclo de cana-soca. Existem, portanto, indicativos do aproveitamento pela soqueira do fertilizante fosfatado recentemente aplicado. Ainda, esta melhoria do estado nutricional em P resultou em ganhos de produtividade da cultura, como sugerido pela correlação positiva entre os teores de P nas folhas e a produção de colmos ( $r=0,44$ ;  $p=0,03$ ;  $n=24$ ).

Além da não ocorrência de interação entre os tratamentos de P e Mg na ANOVA, a ausência de correlação significativa entre os teores foliares desses nutrientes ( $r=0,17$ ;  $p=0,43$ ;  $n=24$ ) indicam que não houve relação entre eles. Com base no estado nutricional em P da cana-soca (Tabela 1), é plausível inferir que o teor de 5  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$  de Mg na camada superficial do solo não limitou a absorção e o transporte

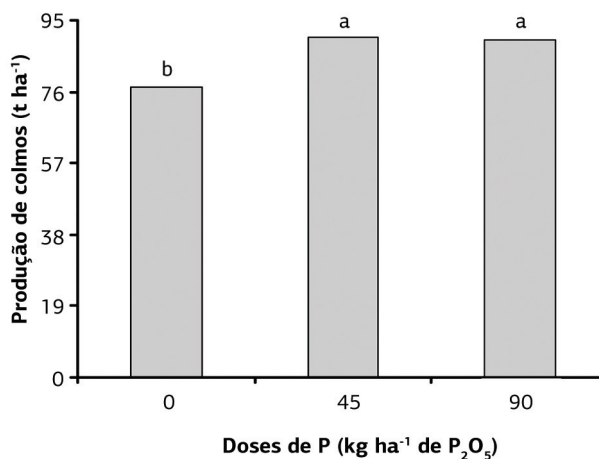


Figura 1. Produção de colmos no ciclo de cana-soca em função da adubação com P. As colunas com letras iguais não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Teores de nutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na folha diagnóstico aos 3,5 meses da adubação com P e Mg na cana-soca

Doses de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ $\text{P}_2\text{O}_5$ )	Doses de Mg ( $\text{kg ha}^{-1}$ Mg)					
	0		50		0	
	P <sup>(1)</sup>		N <sup>(1)</sup>		K <sup>(1)</sup>	
					Ca <sup>(2)</sup>	
0	1,4 c	15,3 b	12,1 a	4,2 aA	2,6 aB	
45	1,7 b	16,1 ab	12,0 a	4,1 aA	2,8 aB	
90	1,9 a	17,0 a	10,8 b	3,0 bA	2,8 aA	

(<sup>1</sup>) Ausência de interação significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos de P e Mg. Os valores representam as médias das doses de Mg.

(<sup>2</sup>) Interação significativa ( $p<0,05$ ) entre os tratamentos de P e Mg.

As médias acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma coluna e por letras maiúsculas na mesma linha não diferem, respectivamente, pelos testes de Duncan e F a 5% de probabilidade.

de P para a parte aérea e, assim, os efeitos da reaplicação de P sobre os seus teores nas folhas. Desta maneira, é esperado que somente em condições de deficiência severa por Mg, como aquelas impostas em condições controladas de solução nutritiva (FAGERIA, 1983; LASA et al., 2000), que o efeito deste cátion no estado nutricional em P das plantas seja manifestado em maior intensidade. De fato, em solo calcário, onde a concentração de sais na solução do solo é normalmente elevada, a aplicação de doses crescentes de Mg não resultou em estímulo à absorção do P adicionado via fertilizante (XIONG e ZHOU, 1995). O teor foliar de Mg, embora em pequena magnitude, aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) após aplicação do fertilizante contendo o nutriente. Na média dos tratamentos de P, variou de  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  em Mg0 para  $1,8 \text{ g kg}^{-1}$  em Mg50, os quais estão na faixa de teor considerada adequada para a cana-de-açúcar de  $1,0$  a  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ , segundo RAIJ et al. (1997). Portanto, mesmo na ausência da adubação com Mg, a análise foliar não indicou sua deficiência, o que deve, em parte, explicar a falta de resposta para a produção de colmos à adubação magnésiana.

Os teores foliares de N e K foram afetados exclusivamente pelas doses de P, sem ocorrer interação significativa ( $p > 0,05$ ) com o Mg, ou mesmo efeito da adubação com esse nutriente (Tabela 1). A dose mais elevada de P aumentou os teores de N em 11% comparado ao controle. Além disso, foi observada correlação positiva entre N e P ( $r = 0,54$ ;  $p = 0,01$ ;  $n = 24$ ), indicando aumentos concomitantes dos seus teores nas folhas, e a influência da disponibilidade de P sobre o estado nutricional em N da cana-soca. Esse fato poderia ser atribuído ao efeito do P sobre a absorção e o transporte de nitrato para a parte aérea (RUFTY et al., 1990; JESCHKE et al., 1997). Ao contrário do observado para o N, os teores de K foram reduzidos com a aplicação de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Tabela 1). Efeito depressivo no teor de K em função da adubação fosfatada também foi reportado para a parte aérea da soja (ROSOLEM e MARCELLO, 1998). Em plantas de aveia que receberam até  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , porém, os teores de K aumentaram nas folhas (NAKAGAWA e ROSOLEM, 2005), enquanto nenhum efeito de doses de P foi detectado para os teores de K em folhas de cebola (BOYHAN et al., 2007). Esses resultados controversos não permitem estabelecer um padrão definido sobre o efeito da adubação fosfatada no estado nutricional em K das plantas. É válido ressaltar, entretanto, que os teores foliares de K da cana-soca

situaram-se na faixa adequada ( $10$  a  $16 \text{ g kg}^{-1}$ , RAIJ et al., 1997), sugerindo que a aplicação de P associada a doses recomendadas de K não deve induzir deficiência de K e afetar negativamente a produtividade.

A ocorrência de interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre P e Mg foi detectada para os teores foliares de Ca, demonstrando resposta diferencial para a adubação fosfatada em função da aplicação ou não de Mg (Tabela 1). Por exemplo, em Mg0, o P90 reduziu em 28% o teor de Ca comparado ao controle, enquanto esta resposta deixou de ocorrer em Mg50. Por sua vez, exceto em P90, a adubação com Mg reduziu os teores foliares de Ca. O efeito negativo do Mg sobre a absorção de Ca é atribuído à competição entre estes cátions nos sítios de absorção na superfície radicular (FAGERIA, 1973; MARSCHNER, 1995), o que deve ter resultado na correlação negativa entre os seus teores nas folhas de cana-de-açúcar ( $r = -0,42$ ;  $p = 0,03$ ;  $n = 24$ ). Entretanto, esta redução para o Ca não afetou negativamente a produção de colmos, desde que, os valores situaram-se na faixa de suficiência para a cultura ( $2,0$  a  $8,0 \text{ g kg}^{-1}$ , RAIJ et al., 1997).

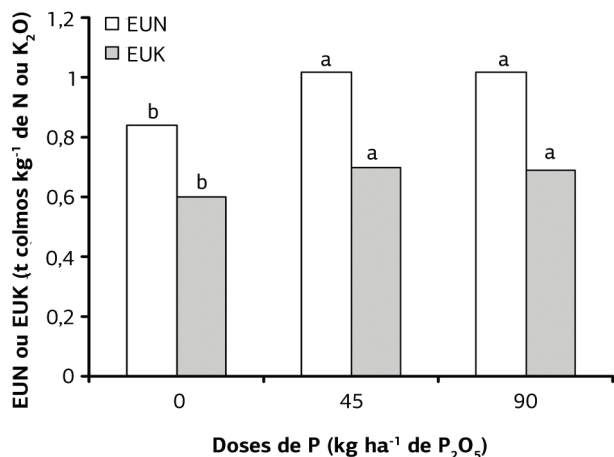
O acúmulo de nutrientes nos colmos da cana-soca foi influenciado pela adubação fosfatada, porém, não dependeu da aplicação de Mg, como indicado pela ausência de interação significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2). Com exceção do K, para a média dos tratamentos de Mg, o acúmulo de nutrientes foi aumentado com a reaplicação de P, porém sem diferenças entre P45 e P90. Por exemplo, o P45 aumentou em  $2,6$ ;  $9,4$ ;  $5,1$ ;  $5,2$  e  $2,1 \text{ kg ha}^{-1}$  a quantidade acumulada de P, N, Ca, Mg e S, respectivamente, em relação ao P0 (Tabela 2). Esses resultados eram de certo modo esperados, desde que os aumentos foram relacionados aos ganhos de produtividade após a aplicação do P na soqueira (Figura 1), conforme suportado pelas correlações positivas entre a produção de colmos e o acúmulo de P, Ca, Mg e S nesta parte da planta ( $r = 0,54$  a  $0,73$ ;  $p < 0,0001$  a  $< 0,01$ ;  $n = 24$ ). Embora, a resposta à adubação e aos teores foliares de P não tenha variado com a aplicação de Mg, as quantidades acumuladas desses nutrientes nos colmos foram correlacionadas de forma positiva ( $r = 0,76$ ;  $p < 0,0001$ ;  $n = 24$ ), indicando demanda mais elevada por Mg para sustentar maiores acúmulos de P.

A eficiência de uso de fertilizante nitrogenado (EUN) e potássico (EUK) para a produção de colmos na cana-soca (t de colmo  $\text{kg}^{-1}$  de N ou  $\text{K}_2\text{O}$  aplicado) foi afetada exclusivamente pela fertilização com P, sem ocorrer interação significativa ( $p > 0,05$ ) e efeito para Mg (Figura 2).

Tabela 2. Acúmulo de nutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nos colmos da soqueira de cana-de-açúcar em função da adubação com P

Doses de P ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ )	P	N	K	Ca	Mg	S
0	5,7 b	52,9 b	28,0 a	23,0 b	17,3 b	3,8 b
45	8,3 a	62,3 a	34,8 a	28,1 a	22,5 a	5,9 a
90	9,3 a	55,0 ab	30,1 a	31,5 a	24,4 a	5,4 a

As médias acompanhadas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.



**Figura 2.** Eficiência de uso de fertilizante nitrogenado (EUN) e potássico (EUK) para a produção de colmos na soqueira da cana-de-açúcar em função da adubação com P. As colunas com letras iguais para o mesmo parâmetro não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A adubação fosfatada, de forma independente da dose, aumentou a EUN e EUK em 21% e 16% respectivamente, indicando maior produtividade para a mesma quantidade aplicada destes nutrientes. Isso resultou do estímulo à produção de colmos com a adoção da adubação fosfatada (Figura 1), o que reflete a importância desta prática para promover o aumento na eficiência de uso de N e K aplicados na cana-soca. De fato, este argumento é suportado por resultados conseguidos com outras culturas, para as quais, também foram observados efeitos positivos da adubação com P sobre a eficiência de uso de fertilizantes contendo N e K (WANG et al., 2010).

#### 4. CONCLUSÃO

A adubação fosfatada na soqueira da cana-de-açúcar melhora o estado nutricional da cultura em P e proporciona ganhos de produtividade em solo com baixo teor disponível do nutriente. Entretanto, em tais respostas não há relação com a aplicação conjunta de Mg, devendo o teor equivalente a 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg na camada superficial do solo (0–0,2 m) não ser limitante para a ocorrência de respostas à adubação fosfatada, ou mesmo para a produção de colmos em cana-soca.

#### REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R.; AMARAL, A.Z.; ARRUDA, H.V. Ensaio de adubação N-P-K em cana-de-açúcar. *Bragantia*, v.19, p.1061-1069, 1960.

ALVAREZ, R.; PACHECO, J.A. Adubação da cana-de-açúcar: VII. Ensaio preliminar de adubação N-P-K no arenito Bauru. *Bragantia*, v.22, p.193-199, 1963.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Método de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim técnico n.78)

BOYHAN, G.E.; TORRANCE, R.L.; HILL, C.R. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium rates and fertilizer sources on yield and leaf nutrient status of short-day onions. *HortScience*, v.42, p.653-660, 2007.

FAGERIA, N.K. Absorption of magnesium and its influence on the uptake of phosphorus, potassium and calcium by intact groundnut plants. *Plant and Soil*, v.40, p.313-320, 1973.

FAGERIA, N.K. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. *Plant and Soil*, v.70, p.309-316, 1983.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, p.1269-1290, 2001.

FONTES, M.P.F.; WEED, S.B. Phosphate adsorption by clays from Brazilian Oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy. *Geoderma*, v.72, p.37-51, 1996.

JESCHKE, W.D.; KIRKBY, E.A.; PEUKE, A.D.; PATE, J.S.; HARTUNG, W. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.). *Journal of Experimental Botany*, v.48, p.75-91, 1997.

KORNDÖRFER, G.H.; ALCARDE, J.C. Aplicação de fósforo e rendimento de cana soca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.16, p.183-186, 1992a.

KORNDÖRFER, G.H.; ALCARDE, J.C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.16, p.217-222, 1992b.

KORNDÖRFER, G.H.; MELO, S.P. Fontes de fósforo (fluída ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.92-97, 2009.

LANDELL, M.G.A.; PRADO, H.; VASCONCELOS, A.C.M.; PERECIN, D.; ROSSETO, R.; BIDOIA, M.A.P.; SILVA, M.A.; XAVIER, M.A. Oxisol subsurface chemical attributes related to sugarcane productivity. *Scientia Agricola*, v.60, p.741-745, 2003.

LASA, B.; FRECHILLAL, S.; ALEU, M.; GONZÁLEZ-MORO, B.; LAMSFUS, C.; APARICIO-TEJO, P.M. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. *Plant and Soil*, v.225, p.167-174, 2000.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2.ed. San Diego, CA, USA: Academic Press, 1995. 902p.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; BAPTISTELLA, J.R.; DEMATTÊ, J.L.I. Termofosfato na produtividade da cana-de-açúcar e nas propriedades químicas de um solo arenoso de baixa fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.15, p.57-61, 1991.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Teores de nutrientes na folha e nos grãos de aveia-preta em função da adubação com fósforo e potássio. *Bragantia*, v.64, p.441-445, 2005.

- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. *Scientia Agricola*, v.59, p.129-135, 2002.
- PRASAD, M. Response of sugarcane to filter press mud and N, P, and K fertilizers. I. Effect of sugarcane yield and sucrose content. *Agronomy Journal*, v.68, p.539-543, 1976.
- RAIJ, B. van; CATARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100)
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- REIS, E.L.; CABALA-ROSAND, P. Respostas da cana-de-açúcar ao nitrogênio, fósforo e potássio em solo de tabuleiro do sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.10, p.129-134, 1986.
- ROSOLEM, C.A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. *Scientia Agricola*, v.55, p.448-455, 1998.
- ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com adubação potássica. *Bragantia*, v.63, p.105-119, 2004.
- RUFTY Jr., T.W.; MACKOWN, C.T.; ISRAEL, D.W. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. *Plant Physiology*, v.94, p.328-333, 1990.
- WANG, Y.; WANG, E.; WANG, D.; HUANG, S.; MA, Y.; SMITH, C.J.; WANG, L. Crop productivity and nutrient use efficiency as affected by long-term fertilization in North China Plain. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.86, p.105-119, 2010.
- XIONG, L.M.; ZHOU, Z.G. Magnesium influence on plant uptake of phosphorus in a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, v.18, p.1251-1261, 1995.