

EFEITO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA, FOSFATADA E POTÁSSICA NO SORGO SACARINO EM UM LATOSSOLO ROXO¹

CIRO ANTONIO ROSOLEM², JOSÉ RICARDO MACHADO³ e OSWALDO BRINHOLI⁴

RESUMO - Um experimento de campo foi conduzido em Latossolo Roxo distrófico com 2,3% de MO, 4 e 95 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P e K⁺, respectivamente, com o objetivo de estudar a resposta do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. Brandes à adubação nitrogenada (sulfato de amônio), fosfatada (superfosfato simples) e potássica (cloreto de potássio). Foram empregadas doses de 0, 60, 120 e 180 kg/ha de N e K₂O, e doses de 0, 100, 200 e 300 kg/ha de P₂O₅. A produção máxima de grãos foi obtida com a aplicação de 114 kg/ha de N ou 65,7 kg/ha de K₂O e não houve resposta à aplicação do adubo fosfatado. Com relação à produção de colmos, somente houve resposta ao adubo nitrogenado até a dose de 77,5 kg/ha de N. Teores de N superiores a 2,25%, de fósforo superiores a 0,18% e de potássio superiores a 1,5% nas folhas, estiveram associados à obtenção de boa produtividade tanto de grãos como de colmos. Por outro lado, as adubações empregadas não influenciaram a qualidade do caldo de sorgo sacarino. Para a produção de grãos, seriam mais econômicas as doses de 74,1 kg/ha de N, 0 kg/ha de P₂O₅ e 45,2 kg/ha de K₂O, enquanto para a produção de colmos somente seria economicamente recomendável a dose de 34,9 kg/ha de N. Se consideradas as produções de colmo + grãos, seriam mais econômicas as doses de 76 e 34 kg/ha de K₂O.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, nitrogênio, fósforo, potássio, dose econômica, qualidade do caldo, estado nutricional, produtividade.

EFFECTS OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION ON SWEET SORGHUM GROWN ON A DUSKY LATOSOL

ABSTRACT - An experiment was set on a Dusky Latosol (Oxisol, clay) which presented 2,3% of OM, 4 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ of P and 95 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ of K, to study the effects of nitrogen (Ammonium Sulphate), phosphorus (simple superphosphate) and potassium (potassium chloride) fertilization on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, cv. Brandes) grain and stalk yields. Levels of 0, 60, 120 and 180 kg/ha of N and K₂O and 0, 100, 200 and 300 kg/ha of P₂O₅ were applied. Maximum grain yields were associated to 114 kg/ha of N or 65,7 kg/ha of K₂O, but there was no response to phosphate fertilization. There was a increase in stalk yield only due to N fertilization up to 77,5 kg/ha. Nitrogen, phosphorus and potassium levels in the leaves, of 2,25%, 0,18% and 1,50%, respectively, were associated to high yields both for grains and stalks. There was not any effect of fertilizer treatments upon juice quality. For grain production, the levels of 74,1 kg/ha of N, 0 kg/ha of P₂O₅ and 45,2 kg/ha of K₂O would be most economical, while only 34,9 kg/ha of N are economically recommended for stalk yield improvement. If both stalk and grain yields are considered, the most economical levels would be 76 and 34 kg/ha of K₂O.

Index terms: *Sorghum bicolor*, nitrogen, phosphorus, potassium, economical levels, juice quality, nutritional state, yields.

INTRODUÇÃO

Na literatura, são poucos os trabalhos encontrados que estudam a resposta do sorgo sacarino à adubação. Em alguns casos, os resultados obtidos são conflitantes, seja quando se considera a magnitude da resposta seja quando se consideram as

condições de solo (Broadhead & Freeman 1964, Ricaud 1971, Rosolem et al. 1981, Coutinho 1983).

Por outro lado, na maioria dos trabalhos, não se tem correlacionado o estado nutricional da planta com as doses de nutriente empregadas ou com as produtividades obtidas. Tampouco têm sido estudados os aspectos econômicos da adubação.

O sorgo sacarino é uma planta exigente de nutrientes (Rosolem & Malavolta 1981b). Mesmo em solos de fertilidade média a alta podem ser obtidas respostas à adubação (Rosolem et al. 1981). O presente trabalho foi delineado com o objetivo de estudar o potencial de resposta do sorgo sacarino à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica em um Latossolo Roxo, procurando estabelecer uma

¹ Aceito para publicação em 26 de outubro de 1984. Trabalho executado com apoio financeiro da FINEP.

² Prof.-Adj., Dep. Agricultura e Silvicultura da Faculdade de Ciências Agrônomicas (DAS/FCA/UNESP), CEP 18600 Botucatu, SP.

³ Prof.-Assist., Dr., DAS/FCA/UNESP.

⁴ Prof.-Tit., DAS/FCA/UNESP.

relação entre a resposta à adubação, o estado nutricional da planta e os resultados da análise do solo.

Tendo em vista que a recomendação de adubação existente (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1982) foi elaborada empiricamente adaptando-se as recomendações para milho, sorgo graminífero e forrageiro, os resultados obtidos foram comparados com a mesma, para o estudo de sua validade.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento em campo, na Estação Experimental Presidente Médici, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas do Campus de Botucatu, da UNESP. O solo, classificado como Latossolo Roxo Distrófico, apresentou os seguintes resultados de análise química⁵, antes da instalação do ensaio: pH 6%; 2,3% de MO; 4 e 95 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P e K⁺, respectivamente; 5,7; 2,8 e 4,5 meq/100 g de Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, e H⁺, respectivamente.

Foram empregadas doses de 0, 60, 120 e 180 kg/ha de N e K₂O, nas formas de sulfato de amônio e cloreto de potássio. As doses de fósforo foram 0, 100, 200 e 300 kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato simples. A adubação nitrogenada foi parcelada, aplicando-se 30 kg/ha de N na semeadura, sendo o restante aplicado em duas coberturas, aos 30 e 50 dias da emergência das plantas. Doses de K₂O de até 90 kg/ha foram aplicadas na semeadura, sendo o restante aplicado em cobertura aos 30 dias, procurando-se evitar problemas de salinidade próximo à semente. Os tratamentos foram dispostos em um delineamento fatorial incompleto no qual foi eliminada a possibilidade de estudo das interações, mantendo fixas as doses de dois nutrientes e variando as doses do elemento em estudo. As doses fixas foram de 120 kg/ha de N e K₂O e 200 kg/ha de P₂O₅. O experimento foi instalado em blocos ao acaso, com quatro repetições, cada parcela constituída de cinco linhas de 5 m, espaçadas 0,80 m. Na ocasião da colheita, foram desprezadas as linhas laterais e 0,50 m de cada extremidade das demais.

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. Brandes foi semeado em 08.11.80, tendo o final da emergência das plantas ocorrido em 20.11.80.

Na época do emborrachamento, foram colhidas 20 folhas por parcela, da altura mediana da planta, para a diagnose foliar.

As folhas foram secadas em estufa com circulação forçada de ar, por 72 horas, e depois moídas em moinho tipo Willey, equipado com peneira de 20 mesh. A seguir ana-

lisaram-se os teores de N por Kjeldal, P por colorimetria e K, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica.

A colheita foi realizada no dia 19.03.81, tendo os colmos sido previamente despalhados. As panículas foram separadas e trilhadas para a obtenção da estimativa da produção de grãos.

Foi feita análise de variância dos resultados obtidos, e, quando possível, foram ajustadas curvas de até segundo grau. No caso dos teores de N nas folhas, somente se conseguiu ajustar a equação de Mitcherlich (Gomes 1966).

Utilizando-se a equação:

$$\frac{P \times / P y - b}{2c}$$

2c

onde:

P x . . . preço do insumo (dezembro 1983):

Cr\$ 533,33/kg de N

Cr\$ 410,00/kg de K₂O

P₄ . . . preço do produto (dezembro 1983):

Cr\$ 83,33/kg de grãos

Cr\$ 6.257,00/t de colmos

b e c . . . coeficientes do trinômio de segundo grau, foram calculadas as doses economicamente recomendáveis para cada caso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de grãos - Os resultados obtidos para produção de grãos e teores de N, P e K nas folhas encontram-se na Fig. 1.

Conforme pode-se observar nesta figura, ocorreram respostas significativas e quadráticas nos casos da adubação nitrogenada ($Y = 4.506,36 + 18,40 N - 0,081 N^2$) e potássica ($Y = 5.391,51 + 15,76 K - 0,12 K^2$), sendo que a maior dose de KCl levou a um prejuízo na produtividade.

No caso da adubação nitrogenada, a equação ajustada permitiu prever a ocorrência da produtividade máxima com a aplicação de 114 kg/ha de N. Em um solo semelhante ao do presente trabalho, Rosolem et al. (1981) encontraram resposta somente até 75 kg/ha de N, mas o sorgo foi semeado tardiamente e a produtividade máxima obtida foi de 2.465 kg/ha - portanto, menos da metade da produtividade obtida no presente trabalho. Em um Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa, os mesmos autores encontraram resposta até 150 kg/ha de N, e justificaram essa resposta em função do baixo teor de matéria orgânica do solo. Por outro lado, Coutinho (1983), também trabalhando em

⁵ pH em água (1:2,5)
P e K extraídos com H₂SO₄ 0,05 N
Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ extraídos com KCl 1 N
H⁺ extraído com CaAcO₄ 1 N

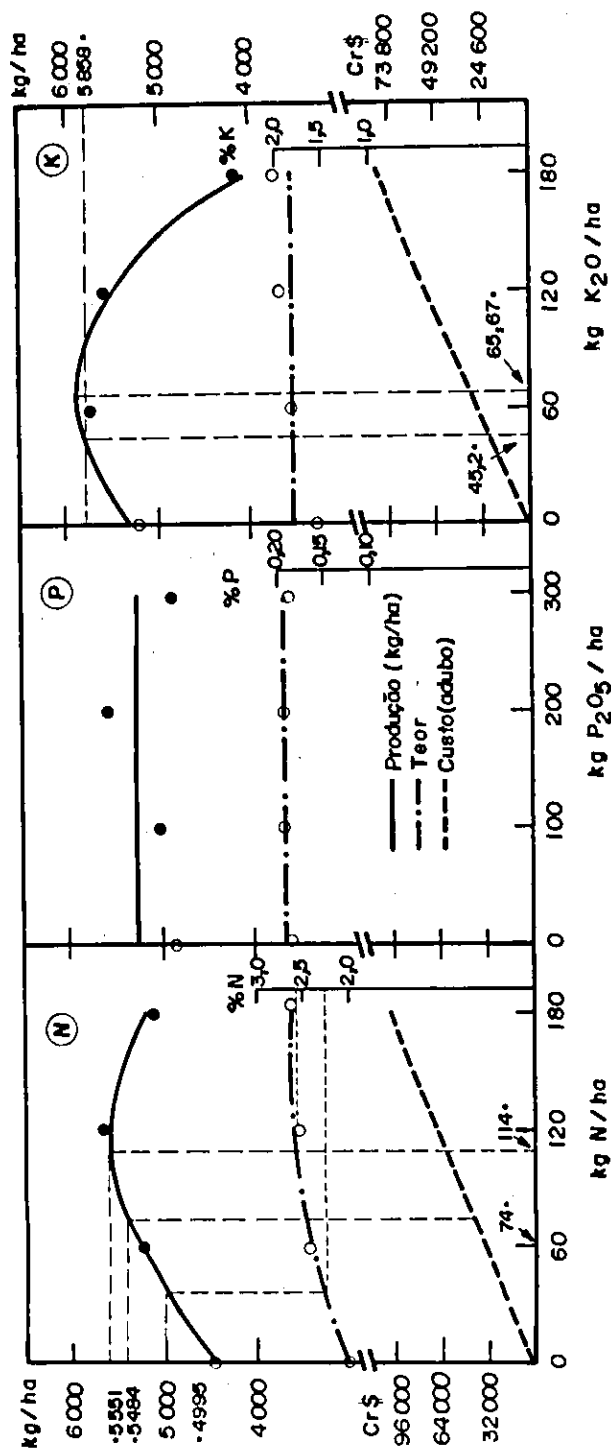


FIG. 1. Produção de grãos de sorgo sacarino, teores foliares de N, P e K, e custo do adubo, em função de adubações nitrogenada, fosfatada e potássica.

um solo pobre e arenoso, quando empregou o sulfato de amônio como fonte de N, encontrou resposta até 160 kg/ha de N, mas o autor somente analisou a produção de colmos.

Comparando-se os resultados destes trabalhos, quando se considera a produtividade de grãos, o teor de matéria orgânica do solo não parece ser um parâmetro seguro para a previsão da resposta à adubação nitrogenada, a exemplo do que Raij et al. (1981) relataram para o milho. Outro complicador seria ainda a disponibilidade de água que, em anos secos, são necessárias maiores doses de nitrogênio para que se atinja a produtividade máxima.

Com relação ao teor de N nas folhas, através da equação ajustada $Y = 2,63 [1 - 10^{0,008(x + 79,33)}]$, pode-se deduzir que os teores do nutriente suficientes para obter pelo menos 90% da produtividade máxima, encontram-se na faixa de 2,25% a 2,60%. Estes teores são semelhantes aos determinados por Rosolem & Malavolta (1982) em campo, mas inferiores à faixa de suficiência determinada por Coutinho (1983). Entretanto, deve ser considerado que o último autor empregou uma amostragem diferente quanto à época e folha amostrada.

A dose de N economicamente recomendável seria de 74 kg/ha, que proporcionaria uma produção de 5.424 kg/ha de grãos.

Pela Fig. 1 pode-se notar que não houve resposta significativa ao adubo fosfatado empregado, seja quanto à produção de grãos, ou quanto aos teores do nutriente nas folhas. Em função do teor de P no solo, seria esperada resposta ao nutriente aplicado, pois Rosolem et al. (1981) e Coutinho (1983) encontraram respostas do sorgo sacarino ao P em solos com menos de $7 \mu\text{g P/cm}^3$. Por outro lado os teores de P nas folhas, determinados no presente trabalho, mostraram-se levemente inferiores aos ótimos determinados por Rosolem & Malavolta (1982) e Coutinho (1983). Uma possível explicação para a falta de resposta seria a alta eficiência nutricional apresentada pela cultivar Brandes (Rosolem & Malavolta 1981a), maior quando comparada, por exemplo, com a do milho (Rosolem & Malavolta 1980). Isto quer dizer que esta cultivar de sorgo sacarino tem uma grande capacidade de utilizar, para a produção, o fósforo absorvido. Entretanto, é importante lembrar que o ex-

trator utilizado pode não ter revelado a real disponibilidade de fósforo do solo.

Neste caso, a adubação fosfatada não seria economicamente recomendável.

A equação ajustada para a resposta ao adubo potássico mostra uma resposta quadrática, embora o teste de Tukey a 5% somente tenha discriminado a produção obtida com a maior dose como menor que as demais. Na Fig. 1, pode-se, ainda, ver que, apesar de uma leve tendência de aumento, os teores de K nas folhas não foram afetados significativamente pelas adubações potássicas. Os teores encontrados no presente trabalho, com exceção do obtido sem adubação potássica, podem ser enquadrados nas faixas de suficiência determinadas por Rosolem & Malavolta (1982), em campo, e Coutinho (1983), quando este autor fez a amostragem aos 90 dias da emergência das plantas.

A produtividade máxima de grãos seria obtida com a aplicação de 65 kg/ha de K_2O (Fig. 1), mesmo tendo o solo apresentado $95 \mu\text{g/cm}^3$ de K^+ na amostragem inicial. Coutinho (1983), em um solo bem mais pobre, obteve a produtividade máxima quando aplicou 136 kg/ha de K_2O , a exemplo do resultado obtido por Rosolem et al. (1981). Estes resultados podem ser explicados através da alta exigência de potássio do sorgo sacarino, conforme determinado por Rosolem & Malavolta (1981b). Por outro lado, a queda na produtividade, quando se aplicou a maior dose de KCl, poderia ser explicada através do efeito antagônico sobre o Ca e Mg. A hipótese, entretanto, é de difícil sustentação no presente trabalho, uma vez que não houve resposta significativa em termos de produção de colmos (Fig. 2), ocorrendo apenas uma leve tendência, da mesma maneira que os teores de Ca e Mg nas folhas (Tabela 1) não foram significativamente alterados pelos tratamentos, embora, neste caso, também tenha ocorrido tendência de diminuição com a maior dose de potássio.

A dose de potássio economicamente recomendável seria de 45,2 kg/ha, que levaria à produção de 5.858 kg/ha.

Produção de colmos - As produções de colmos obtidas em função das adubações encontram-se na Fig. 2.

Conforme pode-se observar nesta figura, somen-

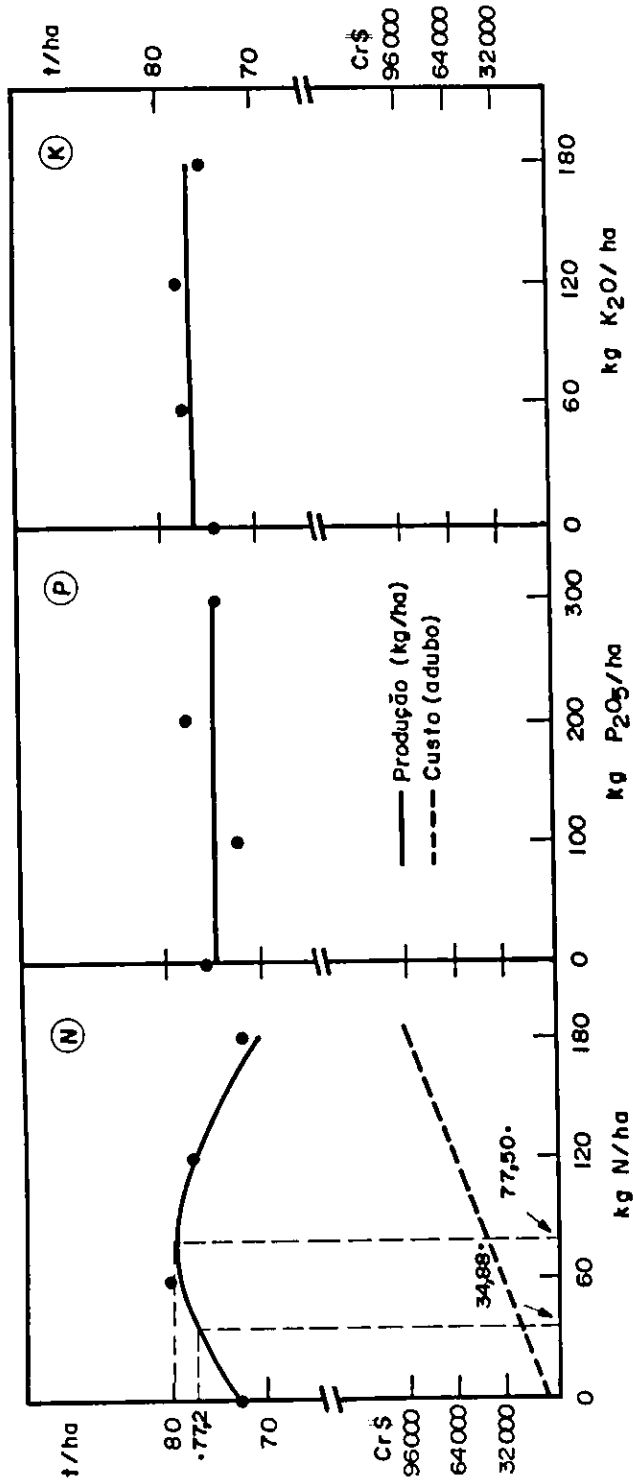


FIG. 2. Produção de colmos de sorgo sacarino e custo do adubo em função de adubações nitrogenada, fosfatada e potássica.

te houve uma pequena resposta à adubação nitrogenada $Y = 72,99 + 0,155 - 0,001 N^2$, sendo obtida a produtividade máxima com a aplicação de 77,5 kg/ha de N. Neste caso, não foi possível ilustrar a faixa de teores adequados, uma vez que a variação na produtividade foi inferior a 10%, levando à inferência de que teores de N acima de 2% nas folhas seriam suficientes para a obtenção de alta produtividade. Resultado semelhante ao obtido por Rosolem & Malavolta (1982), mas inferior ao determinado por Coutinho (1983).

Para a falta de resposta ao fósforo, podem ser levantadas as mesmas hipóteses discutidas no caso da produção de grãos, e a falta de resposta à adubação potássica poderia ser entendida em função do teor do nutriente no solo.

Comparando-se os resultados obtidos para produção de grãos e produção de colmos, pode-se inferir que, para a obtenção da produtividade máxima de grãos, é necessária a aplicação de maiores doses de adubo nitrogenado e potássico do que para a obtenção da produtividade máxima de colmos.

No caso da produção de colmos, somente seria economicamente recomendável a aplicação de 34,9 kg/ha de N, proporcionando uma produtividade de 77,2 t/ha.

TABELA 1. Teores de Ca e Mg nas folhas de sorgo sacarino em função de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica.

Tratamento			Ca	Mg
N	P ₂ O	K ₂ O		
	kg/ha		%	
0	200	120	0,42	0,41
60	200	120	0,53	0,44
120	200	120	0,49	0,42
180	200	120	0,49	0,42
120	0	120	0,45	0,43
120	100	120	0,48	0,42
120	300	120	0,49	0,43
120	200	0	0,40	0,43
120	200	60	0,47	0,39
120	200	180	0,41	0,38
F			2,32 ns	0,8 ns
CV %			8,31	10,21

Se for considerada a recomendação de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1982) para adubação do sorgo sacarino, comparando-a aos resultados obtidos no presente trabalho, ter-se-ia a seguinte situação para grãos em kg/ha:

Nutriente	Recomendação	Dose para	
		Maior produção	Maior economia
Nitrogênio	60	113,5	74,1
Fósforo	90	0	0
Potássio	30	65,7	45,2

e para colmos, em kg/ha:

Nutriente	Recomendação	Dose para	
		Maior produção	Maior economia
Nitrogênio	60	77,5	34,9
Fósforo	90	0	0
Potássio	30	0	0

Quando se considerou a receita devida às produções de colmos + grãos, as equações obtidas foram: $y = 860,81 + 2,06 N - 0,01 N^2$ e $y = 943,72 + 1,42 K - 0,013 K^2$, sendo as doses mais econômicas 74 kg/ha de N e 34 kg/ha de K_2O .

Pelo exposto, fica patente a necessidade de conduzir trabalhos específicos, visando o estabelecimento de padrões que permitam a recomendação de uma adubação racional para o sorgo sacarino, uma vez que as considerações econômicas feitas no presente trabalho são efêmeras.

Qualidade do caldo - Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre a qualidade do caldo. Os valores médios obtidos para os parâmetros analisados encontram-se na Tabela 2. Os valores relativamente baixos encontrados para brix, pol e açúcares redutores totais podem ser explicados através da época de colheita (grãos em estado farináceo), precoce para as condições da região em que o ensaio foi conduzido.

TABELA 2. Resultados da análise do caldo de sorgo sacarino, média do experimento.

Brix do caldo	14,6
Pol % caldo	8,7
Açúcares redutores % caldo	3,0
Pureza do caldo	59,0
Pol % caldo	7,3
Açúcares redutores totais % colmo	11,0
Fibra % colmo	11,7
Alcool/t colmo - l/t	63,7

CONCLUSÕES

1. A produtividade máxima de grãos foi obtida com a dose calculada de 114 kg/ha de N, e a produtividade máxima de colmos foi obtida com a dose de 77,5 kg/ha de N.

2. Os teores de N nas folhas medianas do sorgo sacarino, na época do emborrachamento, relacionados às maiores produtividades foram: 2,25% a 2,60% no caso de grãos e 2% no caso de colmos.

3. A aplicação de 65,7 kg/ha de potássio proporcionaria a maior produtividade de grãos, mas não houve resposta à adubação potássica em termos de produção de colmos. Os teores de K nas folhas associados a estas produções foram sempre maiores que 1,5%.

4. Não foram encontradas respostas ao adubo fosfatado, e os teores de P nas folhas estiveram sempre acima de 0,18%.

5. Para a obtenção da máxima produtividade de grãos foram necessárias maiores doses de N e K do que para a obtenção da maior produtividade de colmos, o que levou à obtenção de doses economicamente mais viáveis maiores quando se considerou a produção de grãos.

REFERÊNCIAS

- BROADHEAD, D.M. & FREEMAN, K.C. Effects of fertilizer on yield and quality of sorghum for sirup. s.l., Miss. State Univ. Agric. Exp. Stn., 1964. (Inf. Sheet, 849).
- COUTINHO, E.L.M. Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do sorgo sacarino, avaliada pela diagnose foliar, produção de colmos e álcool etílico. Piracicaba, ESALQ/USP, 1983. 89p. Tese Doutorado.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Recomendações para o plantio de sorgo sacarino. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1982. 16p. (Circular Técnica, 8).
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. Piracicaba, ESALQ/USP, 1966. 404p.
- RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; DECHEN, A.R.; ALVES, J.; SORDI, G.; VEIGA, A.A.; CAMPANA, M.P.; PETINELLI, A. & NERY, C. A análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho. *Bragantia*, Campinas, 40: 57-76, 1981.
- RICAUD, R. Sweet sorghum for sugar production in Louisiana. *La. Agric.*, 14: 4-7, 1971.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Capacidade de absorção de nutrientes e eficiência nutricional do sorgo sacarino. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, Piracicaba, 38: 203-21, 1981a.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Estudo preliminar sobre a diagnose foliar do sorgo sacarino. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(1): 33-8, jan. 1982.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero. X. Eficiência nutricional comparada do sorgo granífero e do milho. *Turrialba*, San José, 30(4): 375-9, 1980.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Exigências nutricionais do sorgo sacarino. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, Piracicaba, 38: 257-68, 1981b.
- ROSOLEM, C.A.; MALAVOLTA, E. & MACHADO, J.R. Resposta diferencial de dois cultivares de sorgo sacarino à adubação nitrogenada fosfatada e potássica. I. Produção e seus componentes. *R. bras. Ci. Solo*, 5: 124-8, 1981.