

# DIAGNOSE DA NUTRIÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO SORGO SACARINO<sup>1</sup>

EDSON LUIZ MENDES COUTINHO<sup>2</sup>, ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE<sup>3</sup>,  
EUCLIDES CAXAMBU ALEXANDRINO DE SOUZA<sup>2</sup>, JUAN DOMINGO GIMENES,  
WILLIAM NATALE<sup>4</sup> e DAVID ARIIVALDO BANZATTO<sup>5</sup>

**RESUMO** - Dois experimentos foram conduzidos em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média localizado no município de Jaboticabal, SP, com o objetivo de verificar os efeitos de cinco níveis de fósforo (0, 50, 100, 200 e 400 kg/ha de  $P_2O_5$ ) na produção de colmos e etanol, e ainda estabelecer parâmetros para a diagnose da nutrição fosfatada na cultura do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Foram verificadas respostas positivas na produção de colmos e etanol (l/ha) em virtude da adubação fosfatada. As folhas e épocas estudadas revelaram-se adequadas para a diagnose da nutrição fosfatada, sendo que os teores de fósforo considerados adequados nas folhas de posição +3 e +4 estão situados dentro dos intervalos: 0,281% a 0,310% e 0,248% a 0,275%, respectivamente para folhas coletadas no estágio de crescimento vegetativo (45 dias) e florescimento. Por outro lado, a máxima produção de colmos esteve associada a um teor de fósforo no solo de  $19 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  ( $H_2SO_4$  0,05N). Na presença da dose mais elevada de fósforo (400 kg/ha de  $P_2O_5$ ) foi observada uma redução significativa nas concentrações de Zn nas folhas.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, análise foliar, estado nutricional, etanol, fósforo.

## SWEET SORGHUM PHOSPHATE NUTRITION DIAGNOSIS

**ABSTRACT** - Two experiments were conducted in Typic Haplorthox in the county of Jaboticabal, SP, Brazil, with the objective of determining the effects of five phosphorus levels (0, 50, 100, 200 and 400 kg/ha of  $P_2O_5$ ) on ethanol and stalk yield, and furthermore, of establishing parameters for sweet sorghum phosphate nutritional diagnosis. Positive responses were obtained in stalk and ethanol (l/ha) yields due to phosphate fertilization. The samples studied can be used for the diagnosis of phosphate nutrition in the sorghum crop, given that the phosphorus contents considered to be adequate for leaves +3 or +4 are situated within the following intervals: 0.281% - 0.310% and 0.248% - 0.275%, respectively for leaves recovered during the vegetative growth stage (45 days) and flowering. On the other hand, the maxim stalk yields was associated to a soil phosphorus contents of  $19 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  ( $H_2SO_4$  0.05N). Reduction leaves Zn contents were observed with the highest rate of phosphorus (400 kg/ha of  $P_2O_5$ ).

Index terms: *Sorghum bicolor*, leaf analysis, nutritional state, ethanol, phosphorus.

## INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por apresentar um rápido ciclo cultural permitindo ainda o aproveitamento integral da planta (colmo

e grãos), é uma opção viável para a fabricação do etanol, onde se revela a grande potencialidade da cultura, nas microdestilarias e no aproveitamento do equipamento das destilarias autônomas e anexas no período da entre-safra da cana-de-açúcar.

Com relação aos efeitos da adubação fosfatada na produção de colmos, Broadhead & Freeman (1964) verificaram que a aplicação de até 90 kg/ha de  $P_2O_5$  não afetava significativamente esta variável. Resultados semelhantes foram obtidos nas condições brasileiras por Rosolem et al. (1985) os quais empregaram doses até 300 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Rosolem et al. (1981) conduzindo experimentos em um Latossolo Roxo e num Latossolo Vermelho-Escuro textura média, com teores de P inferiores a  $8 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  ( $H_2SO_4$  0,05N), verificaram em função do tipo de solo, que as cultivares Brandes e Rio responderam significativamente até doses de 200 kg/ha de  $P_2O_5$ .

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 6 de maio de 1986. Trabalho realizado com a participação financeira da FAPESP-Projeto 80/0041. Apresentado parcialmente no XV Congresso Nacional de Milho e Sorgo realizado em Maceió, AL, 2 a 6 de julho de 1984.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Dr., Livre-Docente, Prof.-Adjunto, Dep. de Solos e Adubos da Fac. de Ciências Agrárias e Vet., UNESP, Rod. Carlos Tonanni Km 5, s/nº, CEP 14870 Jaboticabal, SP.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Prof.-Titular, Dep. de Solos, Geologia e Fertiliz., Esc. Sup. de Agric. Luiz de Queiroz, USP, Caixa Postal 9, CEP 13400 Piracicaba, SP.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., ex-estagiário do Dep. de Solos e Adubos da Fac. de Ciências Agrárias e Vet., UNESP.

<sup>5</sup> Eng. - Agr., Prof.-Assist., Dr. Dep. de Ciências Exatas da Fac. de Ciências Agrárias e Vet., UNESP.

Tedrus (1982) também observou resposta positiva da adubação fosfatada na produção de colmos e álcool por área (l/ha), sendo entretanto a máxima produção, dependente da dose de nitrogênio utilizada (interação N x P significativa).

Com relação a diagnose foliar, Rosolem & Malavolta (1982) conduzindo experimento em casa de vegetação, coletaram as folhas medianas no estágio de emborrachamento, verificando que a amostragem empregada foi eficiente para avaliar o estado nutricional das plantas de sorgo sacarino, principalmente para os elementos N, P, K, Mg, Fe (cultivares Rio e Brandes) e Cu, Mn e Zn para a 'Brandes'. Entretanto para as condições de campo, essa amostragem não se mostrou suficientemente sensível, não existindo correlação significativa entre a concentração do elemento na folha, principalmente P e K, e a produção de colmos.

Em vista do exposto, dois experimentos foram conduzidos em condições de campo, com o objetivo de verificar os efeitos da adubação fosfatada na produção de colmos, etanol e nas concentrações de macro e micronutrientes nas folhas de posição +3 e +4, coletadas em dois estádios de desenvolvimento da cultura. Procurou-se para o fósforo, determinar a faixa de teores adequados nas folhas e épocas estudadas, e ainda relacionar as suas concentrações no solo com a produção de colmos.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no município de Jaboticabal, SP, em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, cujas análises químicas para fins de fertilidade encontram-se na Tabela 1.

Foram utilizados os seguintes níveis de fósforo: 0, 50, 100, 200 e 400 kg/ha de  $P_2O_5$  aplicados no sulco de semeadura, tendo-se como fonte o superfosfato triplo. Todos os tratamentos receberam 50 kg/ha de  $K_2O$  e 80 kg/ha de N, tendo-se respectivamente como fontes o cloreto de potássio e a uréia no ano agrícola 1979/80 e o sulfato de amônio no ano agrícola 1981/82.

O nitrogênio foi aplicado parceladamente, empregando-se um terço da dose na semeadura e o restante em cobertura trinta dias após a emergência das plantas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas eram constituídas de seis linhas espaçadas de 0,70 m, com um comprimento de 5 m, fornecendo uma área total de 21 m<sup>2</sup> e uma área útil de 14 m<sup>2</sup>, pois desprezou-se uma linha de cada lado da parcela que representaram a bordadura.

As semeaduras foram realizadas em 27.11.1979 e 4.12.1981, utilizando-se 25 - 30 sementes da cultivar Brandes por metro linear de sulco. O desbaste foi efetuado aproximadamente quinze dias após a emergência das plantas, deixando-se cerca de dez plantas por metro linear.

Para se avaliar o estado nutricional das plantas, coletou-se separadamente o terço médio (sem a nervura central) da terceira e quarta folhas a partir do ápice com o colar visível (respectivamente folhas de posição +3 e +4, de acordo com sistema de identificação de folhas adotado por Kuijper, citado por Dillewijn 1952) de quinze plantas dentro da área útil de cada parcela. Essas amostragens foram realizadas nos seguintes estádios de desenvolvimento da cultura: crescimento vegetativo e florescimento (respectivamente 45 e 83 dias-ano agrícola 1979/80; 90 dias após a emergência das plantas-ano agrícola 1981/82).

A amostragem de solo efetuada no sulco de semeadura foi realizada no segundo experimento (1981/82), quando as plantas se encontravam no estágio de florescimento.

No estágio de grão "mole" foram colhidas as duas linhas centrais da área útil de cada parcela, determinando-se o peso de colmos desfolhados. Foram separados dez colmos para análises tecnológicas, com o objetivo de estimar a produção de álcool.

As análises tecnológicas foram realizadas segundo técnicas descritas por Meade (1967), considerando-se a estimativa da produção de etanol uma eficiência de 90% no rendimento em álcool na fermentação.

Para a determinação nas folhas das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram utilizados os métodos descritos por Bataglia et al. (1978). O P disponível no solo foi determinado através da extração com  $H_2SO_4$  0,05N, segundo método descrito por Rajj & Zullo (1977).

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se através da Tabela 2 que a adubação fosfatada promoveu incrementos significativos na produção de colmos, corroborando com os resultados obtidos por Tedrus (1982). Entretanto Rosolem et al. (1985), empregando doses até 300 kg/ha de  $P_2O_5$ , não verificaram efeitos significativos na produção de colmos.

É verificado ainda, que entre os dois anos de experimentação, praticamente não ocorreram diferenças na produção de colmos em decorrência, principalmente, da semelhança das condições climáticas dos anos agrícolas 1979/80 e 1981/82. Através da equação de segundo grau determinada, onde se considerou conjuntamente a produção de dois anos de experimentação, foi calculada a máxima

eficiência técnica (MET), a qual foi obtida com a dose de 261 kg/ha de  $P_2O_5$ , correspondendo a uma produção estimada de 59,4 t/ha de colmos.

Por outro lado, a participação direta e/ou indireta do fósforo no metabolismo, acúmulo e migração de açúcares (Alexander 1965) poderá contribuir para o aumento da concentração de açúcares totais. Entretanto, isto não foi observado em vista da produção estimada de álcool por tonelada de colmos não ter sido afetada significativamente pela adubação fosfatada (Tabela 2).

Com relação à produção de álcool por área (l/ha), a mesma sofreu variações significativas com as doses de fósforo empregadas, sem contudo apresentar diferenças substanciais entre os dois anos de experimentação.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que os tratamentos empregados afetaram significativamente as concentrações de P nas folhas e no solo.

Através da Tabela 4, observa-se independentemente da época de coleta das folhas, que os teores de P nas mesmas apresentam-se correlacionados positiva e significativamente com a produção de colmos. Esses resultados indicam que as épocas e folhas amostradas podem ser utilizadas para diagnose da nutrição fosfatada em sorgo sacarino.

Ainda é interessante notar, que dentro de cada ano agrícola, é indiferente a coleta das folhas de posição +3 ou +4, visto que as concentrações de P nas mesmas praticamente não diferem e ainda, por apresentarem coeficientes de correlação com a produção de colmos similares.

Para se estabelecer o nível crítico de um nutriente na folha, várias técnicas podem ser adotadas.

Foi utilizada metodologia até certo ponto semelhante à empregada por Neptune (1966), diferindo apenas no estabelecimento da curva de produção, onde o autor utilizou a equação de Mitscherlich para cálculo da dose econômica, o que não foi possível no presente estudo em decorrência da inexistência do preço do produto agrícola (colmos de sorgo sacarino).

Em vista disso, torna-se bastante sugestivo estabelecer para a cultura do sorgo sacarino, uma faixa adequada de concentrações delimitada por um limite superior e outro inferior, e não ficar apenas com um ponto representado pelo nível crítico.

Desta maneira, determinou-se primeiramente a curva de produção através de um estudo de regressão polinomial, obtendo-se uma equação de segundo grau.

Através dessa equação calculou-se as doses dos nutrientes que corresponderam à máxima produção e uma redução de 10% na mesma, substituindo-se estes valores de X na equação de regressão quadrática que define as relações existentes entre as doses do nutriente empregado na adubação e suas concentrações nas folhas. Os valores, assim obtidos, corresponderam respectivamente ao limite superior e inferior da faixa de concentrações consideradas adequada para esta gramínea.

Cumprе salientar, que em vista da semelhança dos dados, no cálculo da equação relacionando as doses de P e as concentrações desse elemento nas folhas, não se fez a diferenciação dos anos agrícolas e dos teores de P nas folhas de posição +3 e +4.

As equações de regressão obtidas são as que apresentamos a seguir, onde X representa as doses de fósforo empregadas, Y a produção de colmos,  $Y_1$  e  $Y_2$  as concentrações de fósforo nas folhas de posição +3 ou +4 coletadas respectivamente no estágio de crescimento vegetativo (45 dias) e florescimento (83 e 90 dias).

$$Y = 24,8000 + 0,2651 X - 0,0005 X^2 \quad (P < 0,01; R^2 = 0,948)$$

$$Y_1 = 0,2046 + 0,0006 X - 0,0000009 X^2 \quad (P < 0,05; R^2 = 0,739)$$

$$Y_2 = 0,1695 + 0,0007 X - 0,000001 X^2 \quad (P < 0,01; R^2 = 0,913)$$

Desta maneira, os teores de P considerados adequados para as folhas de posição +3 ou +4 estão situados dentro dos intervalos 0,281% a 0,310% e 0,248% a 0,275%, respectivamente para as folhas coletadas no estágio de crescimento vegetativo e florescimento. Estas concentrações de P nas folhas estiveram associadas às doses 261 e 153 kg/ha de  $P_2O_5$  correspondendo respectivamente à produções de 59,4 e 53,5 t/ha de colmos.

Estes teores de P são bastante inferiores à faixa de suficiência determinada por Rosolem & Malavolta (1982) em experimento conduzido em solução nutritiva. Deve-se, entretanto, mencionar que os autores citados anteriormente empregaram uma amostragem diferente quanto à folha e época.

Por outro lado, nota-se através da Tabela 4 que as concentrações de P no solo estiveram correla-

TABELA 1. Análises químicas do solo em função do ano de instalação do experimento.

| Ano agrícola | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | MO<br>(%) | $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ |                | $\text{meq}/100\text{ cm}^3$ |                  |          |
|--------------|--------------------------|-----------|---------------------------|----------------|------------------------------|------------------|----------|
|              |                          |           | P                         | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup> | (H + Al) |
| 1979/80      | 5,7                      | 1,17      | 3                         | 0,12           | 2,3                          | 0,7              | 2,1      |
| 1981/82      | 5,9                      | 1,84      | 3                         | 0,10           | 3,2                          | 0,9              | 2,3      |

TABELA 2. Efeitos da adubação fosfatada na produção de colmos e etanol (média de quatro repetições).

| Tratamento<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Ano agrícola: 1979/80 |               |                    | Ano agrícola: 1981/82 |               |                    |
|---|-----------------------|---------------|--------------------|-----------------------|---------------|--------------------|
|   | Produção de colmos    |               | Produção de etanol | Produção de colmos    |               | Produção de etanol |
|   | t/ha                  | l/t de colmos | l/ha               | t/ha                  | l/t de colmos | l/ha               |
| 0   | 23,3                  | 53,7          | 1.251,2            | 21,8                  | 57,2          | 1.247,0            |
| 50  | 40,4                  | 57,3          | 2.314,9            | 36,7                  | 60,8          | 2.231,4            |
| 100   | 50,4                  | 62,3          | 3.139,9            | 47,9                  | 56,4          | 2.701,6            |
| 200   | 55,2                  | 63,1          | 3.483,1            | 53,9                  | 69,0          | 3.719,1            |
| 400   | 51,9                  | 58,5          | 3.036,1            | 48,3                  | 63,5          | 3.067,0            |
| Teste F   | 8,90**                | 0,99 ns       | 7,66**             | 19,12**               | 2,37 ns       | 9,48**             |
| DMS (5%)  | 12,32                 | —             | 821,5              | 3,89                  | —             | 714,84             |
| CV (%)  | 11,82                 | 21,03         | 15,38              | 10,14                 | 10,84         | 12,27              |

DMS - Diferença mínima significativa (teste de Tukey).

\*\* P &lt; 0,01.

ns - Não-significativo.

TABELA 3. Concentrações de fósforo no solo e nas folhas de posição +3 e +4, coletadas em dois estádios de desenvolvimento da cultura (médias de quatro repetições).

| Tratamento<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Ano agrícola: 1979/80 |         |          |         | Ano agrícola: 1981/82 |         |          |         | P disponível<br>no solo<br><br>$\mu\text{g}/\text{cm}^3$ |
|---|-----------------------|---------|----------|---------|-----------------------|---------|----------|---------|--|
|   | Folha +3              |         | Folha +4 |         | Folha +3              |         | Folha +4 |         |  |
|   | 45 dias               | 83 dias | 45 dias  | 83 dias | 45 dias               | 90 dias | 45 dias  | 90 dias |  |
|   | P %                   |         |          |         |                       |         |          |         |  |
| 0   | 0,244                 | 0,168   | 0,242    | 0,170   | 0,183                 | 0,167   | 0,182    | 0,165   | 2  |
| 50  | 0,253                 | 0,196   | 0,250    | 0,206   | 0,198                 | 0,192   | 0,189    | 0,188   | 5  |
| 100   | 0,283                 | 0,230   | 0,287    | 0,239   | 0,233                 | 0,240   | 0,231    | 0,246   | 9  |
| 200   | 0,301                 | 0,246   | 0,294    | 0,252   | 0,305                 | 0,259   | 0,307    | 0,257   | 15   |
| 400   | 0,308                 | 0,242   | 0,310    | 0,264   | 0,322                 | 0,269   | 0,309    | 0,271   | 27   |
| Teste F   | 3,80*                 | 5,35*   | 3,60*    | 4,28*   | 20,02**               | 17,38** | 15,38**  | 4,97*   | 80,71**  |
| DMS (5%)  | 0,05                  | 0,05    | 0,06     | 0,07    | 0,03                  | 0,04    | 0,07     | 0,04    | 3,33   |
| CV (%)  | 10,56                 | 12,66   | 11,10    | 16,20   | 7,10                  | 8,41    | 12,88    | 10,47   | 12,36  |

DMS - Diferença mínima significativa (teste de Tukey).

\* P &lt; 0,05.

\*\* P &lt; 0,01.

TABELA 4. Coeficientes de correlação linear (r) entre as concentrações de fósforo nas folhas, no solo (variável independente) e a produção de colmos.

| Variável independente<br>P                                 | Ano agrícola: 1979/80 |  | Ano agrícola: 1981/82 |  |
|--|-----------------------|--|-----------------------|--|
|  |                       |  |                       |  |
| Folha de posição +3 (45 dias)                              | 0,631**               |  | 0,791**               |  |
| Folha de posição +4 (45 dias)                              | 0,617**               |  | 0,739**               |  |
| Folha de posição +3 (83 ou 90 dias)                        | 0,586**               |  | 0,871**               |  |
| Folha de posição +4 (83 ou 90 dias)                        | 0,641**               |  | 0,783**               |  |
| Disponível no solo (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 N) | —                     |  | 0,676**               |  |

TABELA 5. Concentrações de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas de posição +3 e +4 coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas (ano agrícola 1979/80) - média de quatro repetições.

| Tratamento<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Folha de posição +3 |                    |                    |       |                    |                    |                    |        | Folha de posição +4 |                    |                    |       |                    |                    |                    |       |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|   | N                   | K                  | Ca                 | Mg    | Cu                 | Fe                 | Mn                 | Zn     | N                   | K                  | Ca                 | Mg    | Cu                 | Fe                 | Mn                 | Zn    |
|   | %                   |                    |                    |       |                    |                    |                    |        | ppm                 |                    |                    |       |                    |                    |                    |       |
| 0   | 2,97                | 2,48               | 0,30               | 0,21  | 15                 | 168                | 22                 | 43     | 3,04                | 2,66               | 0,43               | 0,23  | 15                 | 183                | 26                 | 41    |
| 50  | 3,17                | 2,48               | 0,32               | 0,21  | 14                 | 147                | 23                 | 37     | 3,01                | 2,68               | 0,43               | 0,24  | 16                 | 182                | 26                 | 34    |
| 100   | 3,13                | 2,47               | 0,35               | 0,23  | 15                 | 140                | 21                 | 34     | 3,06                | 2,83               | 0,45               | 0,26  | 16                 | 179                | 22                 | 35    |
| 200   | 3,23                | 2,46               | 0,42               | 0,26  | 16                 | 144                | 24                 | 31     | 3,10                | 2,90               | 0,44               | 0,26  | 17                 | 179                | 26                 | 38    |
| 400   | 3,16                | 2,48               | 0,40               | 0,30  | 15                 | 136                | 21                 | 30     | 3,08                | 2,71               | 0,50               | 0,31  | 15                 | 181                | 26                 | 28    |
| Teste F   | 2,61 <sup>ns</sup>  | 0,01 <sup>ns</sup> | 2,71 <sup>ns</sup> | 4,36* | 0,31 <sup>ns</sup> | 2,21 <sup>ns</sup> | 0,62 <sup>ns</sup> | 5,90** | 2,04 <sup>ns</sup>  | 0,39 <sup>ns</sup> | 1,54 <sup>ns</sup> | 4,95* | 0,15 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,24 <sup>ns</sup> | 4,01* |
| DMS (5%)  | —                   | —                  | —                  | 0,08  | —                  | —                  | —                  | 9,65   | —                   | —                  | —                  | 0,07  | —                  | —                  | —                  | 19,21 |
| CV (%)  | 4,48                | 8,86               | 9,59               | 10,36 | 15,81              | 10,61              | 16,82              | 12,09  | 4,73                | 12,18              | 5,80               | 12,79 | 17,36              | 9,62               | 27,25              | 22,63 |

DMS - Diferença mínima significativa (teste de Tukey).  
 \* P < 0,05.  
 \*\* P < 0,01.  
 ns - Não-significativo.

cionadas positiva e significativamente com a produção de colmos. Através da equação de regressão  $Y = 15,0671 + 4,3471 X - 0,1128 X^2$  ( $P < 0,01$ ;  $R^2 = 0,941$ ) obtem-se que a máxima produção de colmos (57 t/ha) esteve associada ao teor de P disponível no solo de 19  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ .

Observa-se na Tabela 5, que a adubação fosfatada promoveu incrementos significativos nas concentrações de Mg nas folhas +3 e +4 coletadas aos 45 dias (ano agrícola 1979/80).

Acredita-se que o Ca contido no superfosfato triplo, através do efeito da lei de ação das massas, tenha deslocado o Mg do complexo sortivo para a solução do solo, contribuindo desta maneira, para maior disponibilidade do elemento e conseqüente maior absorção pelas plantas.

Por outro lado, independentemente do ano agrícola considerado, a adubação fosfatada promoveu uma redução nos teores de Zn nas folhas

(Tabelas 5 a 8), principalmente quando se adicionou 400 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A interação entre estes nutrientes é bastante estudada, porém é um fenômeno complexo e pouco entendido, visto que existem dados mostrando que: a) o P não exerce influência sobre a absorção de Zn (Bingham 1963); b) o P pode aumentar a absorção de Zn (Pauli et al. 1968); c) o P pode diminuir a absorção de Zn (Adriano et al. 1971, Olsen 1972); d) pode existir um antagonismo mútuo entre o P e Zn, particularmente quando um dos elementos excede o nível crítico (Boawn & Legget 1963); e) o P pode diminuir o transporte do Zn da raiz para a parte aérea (Olsen 1972).

Por outro lado, Olsen (1972) relatou que a adição de P em um solo deficiente nesse macronutriente, poderá estimular o crescimento das plantas e com isso diluir a concentração de Zn no tecido da planta. Essa observação aproxima-se bastante das

condições destes experimentos, visto que a diferença visual entre as plantas que não receberam P e as que receberam era nítida; as primeiras eram menos desenvolvidas, apresentavam colmos bastante finos, culminando obviamente com as baixas produ-

ções observadas.

Com relação às concentrações de N, K, Ca, Cu, Fe e Mn nas folhas, não se verificaram alterações significativas em função das doses de fósforo empregadas.

TABELA 6. Concentrações de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas da posição +3 e +4 coletadas aos 83 dias após a emergência das plantas (ano agrícola 1979/80) - média de quatro repetições.

| Tratamento<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Folha de posição +3 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |       | Folha de posição +4 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |       |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|   | N                   | K                  | Ca                 | Mg                 | Cu                 | Fe                 | Mn                 | Zn    | N                   | K                  | Ca                 | Mg                 | Cu                 | Fe                 | Mn                 | Zn    |
|   | %                   |                    |                    |                    | ppm                |                    |                    |       | %                   |                    |                    |                    | ppm                |                    |                    |       |
| 0   | 2,94                | 1,49               | 0,56               | 0,30               | 16                 | 115                | 21                 | 45    | 2,84                | 1,44               | 0,58               | 0,29               | 17                 | 123                | 21                 | 42    |
| 50  | 3,00                | 1,39               | 0,62               | 0,31               | 18                 | 127                | 24                 | 41    | 2,96                | 1,35               | 0,61               | 0,30               | 17                 | 127                | 21                 | 37    |
| 100   | 3,01                | 1,38               | 0,58               | 0,30               | 18                 | 125                | 26                 | 35    | 2,95                | 1,44               | 0,62               | 0,31               | 18                 | 125                | 26                 | 36    |
| 200   | 2,92                | 1,36               | 0,59               | 0,30               | 15                 | 121                | 25                 | 31    | 2,91                | 1,44               | 0,60               | 0,30               | 17                 | 119                | 25                 | 32    |
| 400   | 3,04                | 1,38               | 0,65               | 0,34               | 17                 | 115                | 24                 | 30    | 3,01                | 1,35               | 0,65               | 0,38               | 15                 | 115                | 23                 | 26    |
| Teste F   | 0,59 <sup>ns</sup>  | 0,49 <sup>ns</sup> | 2,81 <sup>ns</sup> | 0,21 <sup>ns</sup> | 1,27 <sup>ns</sup> | 1,87 <sup>ns</sup> | 1,06 <sup>ns</sup> | 4,99* | 1,57 <sup>ns</sup>  | 0,78 <sup>ns</sup> | 1,08 <sup>ns</sup> | 1,44 <sup>ns</sup> | 0,82 <sup>ns</sup> | 0,44 <sup>ns</sup> | 1,75 <sup>ns</sup> | 4,71* |
| DMS (5%)  | —                   | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | 13,03 | —                   | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | 12,90 |
| CV (%)  | 7,52                | 10,54              | 10,32              | 24,10              | 12,19              | 6,96               | 13,46              | 15,73 | 5,33                | 7,92               | 11,59              | 18,15              | 10,62              | 11,65              | 13,72              | 21,47 |

DMS - Diferença mínima significativa (teste de Tukey).

\* P < 0,05.

ns - Não-significativo.

TABELA 7. Concentrações de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas de posição +3 e +4 coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas (ano agrícola 1981/82) - média de quatro repetições.

| Tratamento<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Folha de posição +3 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |       | Folha de posição +4 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |       |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|   | N                   | K                  | Ca                 | Mg                 | Cu                 | Fe                 | Mn                 | Zn    | N                   | K                  | Ca                 | Mg                 | Cu                 | Fe                 | Mn                 | Zn    |
|   | %                   |                    |                    |                    | ppm                |                    |                    |       | %                   |                    |                    |                    | ppm                |                    |                    |       |
| 0   | 3,06                | 2,87               | 0,37               | 0,26               | 12                 | 192                | 44                 | 32    | 3,00                | 2,66               | 0,51               | 0,26               | 11                 | 224                | 38                 | 34    |
| 50  | 3,00                | 2,85               | 0,35               | 0,23               | 11                 | 184                | 33                 | 30    | 3,04                | 2,64               | 0,41               | 0,24               | 12                 | 219                | 40                 | 32    |
| 100   | 2,96                | 2,48               | 0,37               | 0,24               | 11                 | 164                | 37                 | 30    | 2,97                | 2,57               | 0,46               | 0,26               | 11                 | 211                | 36                 | 31    |
| 200   | 3,03                | 2,74               | 0,41               | 0,26               | 12                 | 181                | 34                 | 26    | 3,10                | 2,61               | 0,46               | 0,25               | 12                 | 223                | 34                 | 28    |
| 400   | 2,95                | 2,73               | 0,38               | 0,21               | 11                 | 196                | 38                 | 19    | 2,98                | 2,72               | 0,39               | 0,23               | 12                 | 220                | 40                 | 20    |
| Teste F   | 1,00 <sup>ns</sup>  | 1,26 <sup>ns</sup> | 0,95 <sup>ns</sup> | 0,84 <sup>ns</sup> | 0,28 <sup>ns</sup> | 0,79 <sup>ns</sup> | 0,82 <sup>ns</sup> | 4,21* | 1,22 <sup>ns</sup>  | 0,94 <sup>ns</sup> | 3,01 <sup>ns</sup> | 0,85 <sup>ns</sup> | 0,47 <sup>ns</sup> | 0,27 <sup>ns</sup> | 0,38 <sup>ns</sup> | 3,61* |
| DMS (5%)  | —                   | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | 8,57  | —                   | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | 11,70 |
| CV (%)  | 11,01               | 6,96               | 12,66              | 18,80              | 10,67              | 15,31              | 16,37              | 13,22 | 10,20               | 10,94              | 12,87              | 11,78              | 10,26              | 8,79               | 14,85              | 17,00 |

DMS - Diferença mínima significativa (teste de Tukey).

\* P < 0,05.

TABELA 8. Concentrações de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas da posição +3 e +4 coletadas aos 90 dias após a emergência das plantas (ano agrícola 1981/82) - média de quatro repetições.

| Tratamento<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Folha de posição +3 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |       | Folha de posição +4 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |       |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|   | N                   | K                  | Ca                 | Mg                 | Cu                 | Fe                 | Mn                 | Zn    | N                   | K                  | Ca                 | Mg                 | Cu                 | Fe                 | Mn                 | Zn    |
|   | %                   |                    |                    |                    | ppm                |                    |                    |       | %                   |                    |                    |                    | ppm                |                    |                    |       |
| 0   | 2,95                | 1,59               | 0,57               | 0,35               | 16                 | 124                | 49                 | 35    | 3,01                | 1,64               | 0,58               | 0,36               | 15                 | 140                | 46                 | 35    |
| 50  | 2,93                | 1,65               | 0,55               | 0,38               | 15                 | 135                | 45                 | 37    | 2,97                | 1,64               | 0,58               | 0,39               | 15                 | 139                | 49                 | 36    |
| 100   | 3,00                | 1,60               | 0,58               | 0,39               | 15                 | 162                | 48                 | 33    | 3,00                | 1,57               | 0,60               | 0,39               | 16                 | 128                | 41                 | 34    |
| 200   | 2,96                | 1,55               | 0,62               | 0,37               | 16                 | 143                | 49                 | 26    | 2,93                | 1,66               | 0,69               | 0,40               | 16                 | 153                | 49                 | 27    |
| 400   | 3,03                | 1,48               | 0,62               | 0,37               | 15                 | 151                | 47                 | 24    | 2,97                | 1,52               | 0,67               | 0,40               | 15                 | 158                | 45                 | 21    |
| Teste F   | 0,04 <sup>ns</sup>  | 2,14 <sup>ns</sup> | 1,16 <sup>ns</sup> | 1,02 <sup>ns</sup> | 0,85 <sup>ns</sup> | 1,02 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> | 4,28* | 1,11 <sup>ns</sup>  | 2,31 <sup>ns</sup> | 1,08 <sup>ns</sup> | 1,10 <sup>ns</sup> | 1,20 <sup>ns</sup> | 0,65 <sup>ns</sup> | 0,62 <sup>ns</sup> | 4,30* |
| DMS (5%)  | —                   | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | 9,79  | —                   | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | —                  | 13,10 |
| CV (%)  | 9,79                | 7,47               | 10,28              | 12,10              | 9,00               | 20,20              | 15,19              | 10,88 | 10,61               | 6,80               | 13,58              | 6,68               | 9,89               | 12,73              | 14,65              | 9,28  |

DMS - Diferença mínima significativa (teste de Tukey).

\* P < 0,05.

ns - Não-significativo.

## CONCLUSÕES

1. A máxima eficiência técnica (média de dois anos agrícolas) foi obtida com a dose de 261 kg/ha de  $P_2O_5$ , correspondendo uma produção estimada de 59,4 t/ha de colmos.

2. As amostragens estudadas podem ser utilizadas para a diagnose da nutrição fosfatada na cultura do sorgo sacarino, sendo que os teores de fósforo considerados adequados nas folhas de posição +3 ou +4, estão situados dentro dos intervalos 0,281% a 0,310% e 0,248% a 0,275%, respectivamente para as folhas coletadas nos estádios de crescimento vegetativo e florescimento.

3. Na presença da dose mais elevada de fósforo (400 kg/ha de  $P_2O_5$ ), reduções significativas nas concentrações de Zn nas folhas foram observadas.

4. A máxima produção de colmos esteve associada à concentração de P no solo de  $19 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  ( $H_2SO_4$  0,05N).

5. A produção estimada de álcool por área (l/ha) aumentou significativamente com a adição de fósforo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Usina São Martinho, SP, pela realização das análises tecnológicas.

## REFERÊNCIAS

- ADRIANO, D.C.; PAULSEN, G.M.; MURPHY, L.S. Phosphorus iron and phosphorus-zinc relationships in corn seedlings as affected by mineral nutrition. *Agron. J.*, 63:36-9, 1971.
- ALEXANDER, A.G. Behavior of enzymes governing starch and sucrose forming pathways in two sugarcane varieties supplied with variable nitrate and phosphate in sand culture. *J. Agric. Univ. P.R.*, 49:153-71, 1965.
- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 32p. (Circular, 87)
- BINGHAM, F.T. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27:389-91, 1963.
- BOAWN, L.C. & LEGGET, G.E. Zinc deficiency of the Russet Burbank potato. *Soil Sci.*, 95:137-41, 1963.
- BROADHEAD, D.M. & FREEMAN, K.C. Effects of fertilizer on yield and quality sorgho for sirup. *Miss. Agric. Exp. Stn. Inf. Sheet*, (849), 1964.
- DILLEWIJN, C. van. Botany of sugarcane. Waltham, *Chronica Botanica*, 1952. 371p.
- MEADE, G.P. Manual del azúcar de caña. 9. ed. Barcelona, Montañer y Simon, 1967. 940 p.
- NEPTUNE, A.M.L. Estudos sobre adubação e diagnose foliar do milho. Piracicaba, ESALQ, 1966. 167p. Tese Cátedra.
- OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.243-64.
- PAULI, A.W.; ELLIS, R.; MOSER, H.C. Zinc uptake and translocation as influenced by phosphorus and calcium carbonate. *Agron. J.*, 60:394-6, 1968.
- RAIJ, B. van & ZULLO, M.A.T. Métodos de análise de solo. Campinas, Instituto Agronômico, 1977. 16p. (Circular, 63)
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O. Efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no sorgo sacarino em um Latossolo Roxo. *Pesq. agropec. bras.*, 20(6):635-41, 1985.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Estudo preliminar sobre a diagnose foliar do sorgo sacarino. *Pesq. agropec. bras.*, 17(1):33-8, 1982.
- ROSOLEM, C.A.; MALAVOLTA, E.; MACHADO, J.R. Resposta diferencial de duas cultivares de sorgo sacarino à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. I. Produção e seus componentes. *R. bras. Ci. Solo*, 5: 124-8, 1981.
- TEDRUS, P.F.A.S. Efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do sorgo sacarino, avaliada pela diagnose foliar, produção de colmos e álcool etílico. Jaboticabal, FCAVJ, 1982. 55p.