

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO GRANÍFERO:
VIII. EFEITOS DO FÓSFORO *

C.A. ROSOLEM **
E. MALAVOLTA ***
O. BRINHOLI ****

RESUMO

Foi conduzido um experimento, onde foram estudados os efeitos de níveis crescentes de fósforo sobre o crescimento, produção e absorção de nitrogênio, fósforo e potássio por cinco cultivares de sorgo granífero.

As plantas foram cultivadas em baldes com 20 litros de solução nutritiva completa ou com fósforo diluído a 1/2, 1/5 e 1/10 da concentração usual. A colheita foi reau

* Parte da dissertação de Mestrado do 1º autor, com suporte financeiro da FAPESP e BNDE. Entregue para publicação em 12/05/1980.

** Departamento de Agricultura e Silvicultura, FCA/UNESP, Botucatu. Com bolsa do CNPq.

*** Departamento de Química e CENA, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

**** Departamento de Agricultura e Silvicultura, FAC/UNESP, Botucatu.

lizada quando as plantas estavam com os grãos maduros, aos 110 dias da emergência. As plantas colhidas foram separadas em raiz, colmo, folhas, raquis e grãos, sendo então secadas e moídas para as análises químicas de nitrogênio, fósforo e potássio.

Os resultados obtidos permitiram concluir que, em média, apesar dos níveis de fósforo não afetarem significativamente a produção de matéria seca total, as produções de grãos foram diminuídas nos tratamentos com menos disponibilidade de fósforo, sendo que os diferentes cultivares apresentaram reações diferentes à deficiência do nutriente. Os níveis de fósforo na solução nutritiva tiveram efeito nas quantidades de nitrogênio e fósforo contidos na planta e nos grãos de sorgo granífero, não acontecendo o mesmo em relação à absorção de potássio pela planta. Ainda: os níveis de fósforo tiveram efeito na quantidade de potássio contido nos grãos de sorgo.

INTRODUÇÃO

O sorgo granífero absorve 78 kg de fósforo por hectare, e aproximadamente 17% desta quantidade é exportada pelos grãos (MALAVOLTA & LOURENÇO, 1976).

Estes números se revestem de maior importância quando se considera que, segundo TUCKER & BENNETT (1968), a planta de sorgo normalmente se utiliza de 15 a 25% do fósforo aplicado como adubo, nas condições dos Estados Unidos.

Embora se conheça alguma coisa sobre a acumulação de nutrientes (LANE & WALKER, 1961; BOX, 1971; VANDERLIP, 1972; ROY & WRIGHT, 1974), a exigência em nutrientes (JACQUINOT, 1964; BOGULAWSKI *et alii*, 1975; MALAVOLTA & LOURENÇO, 1976),

são poucos os trabalhos que demonstram os efeitos do fósforo no crescimento, produção e composição mineral do sorgo granífero.

VILLACHICA (1973), estudando os efeitos da calagem e adubação no sorgo granífero, relata que o maior efeito observado na produção foi do fósforo, que proporcionou resposta linear do sorgo. Além do efeito na produção, os autores observaram uma influência negativa do fósforo sobre a concentração foliar de nitrogênio, quando aquele nutriente foi aplicado em altas doses. Com respeito à concentração de fósforo nas folhas, foi notado um crescimento linear dos mesmos com as doses do nutriente aplicado.

No Brasil, MALAVOLTA & LOURENÇO (1976) estudaram os efeitos das carências nutricionais na produção, e composição mineral da planta, e relataram os sintomas de deficiências. Os autores concluíram que as deficiências de Mg, N, Ca e K foram mais prejudiciais à produção do que a deficiência de fósforo, mas os autores trabalharam apenas com um cultivar, estando demonstrado na literatura que diferentes cultivares de sorgo granífero podem apresentar comportamento diferente com relação à nutrição mineral e respostas à adubação (CAMPBELL & PICKET, 1968).

Assim, com o intuito de contribuir para o conhecimento da nutrição fosfatada do sorgo granífero, foi conduzido o presente trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os detalhes da metodologia utilizada estão descritos no trabalho anterior (ROSOLEM *et alii*, 1980)*, com a diferença que neste trabalho foram utilizados os seguintes tratamentos solução de HOAGLAND & ARNON (1950) nº 1 completa, e o nível

* ROSOLEM, C.A.; MALAVOLTA, E.; NAKAGAWA, 1980. Estudos sobre a nutrição Mineral do sorgo Granífero. VII. Efeitos do nitrogênio, neste mesmo tomo.

do fósforo foi diluído a 1:2, 1:5 e 1:10 da concentração normalmente utilizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

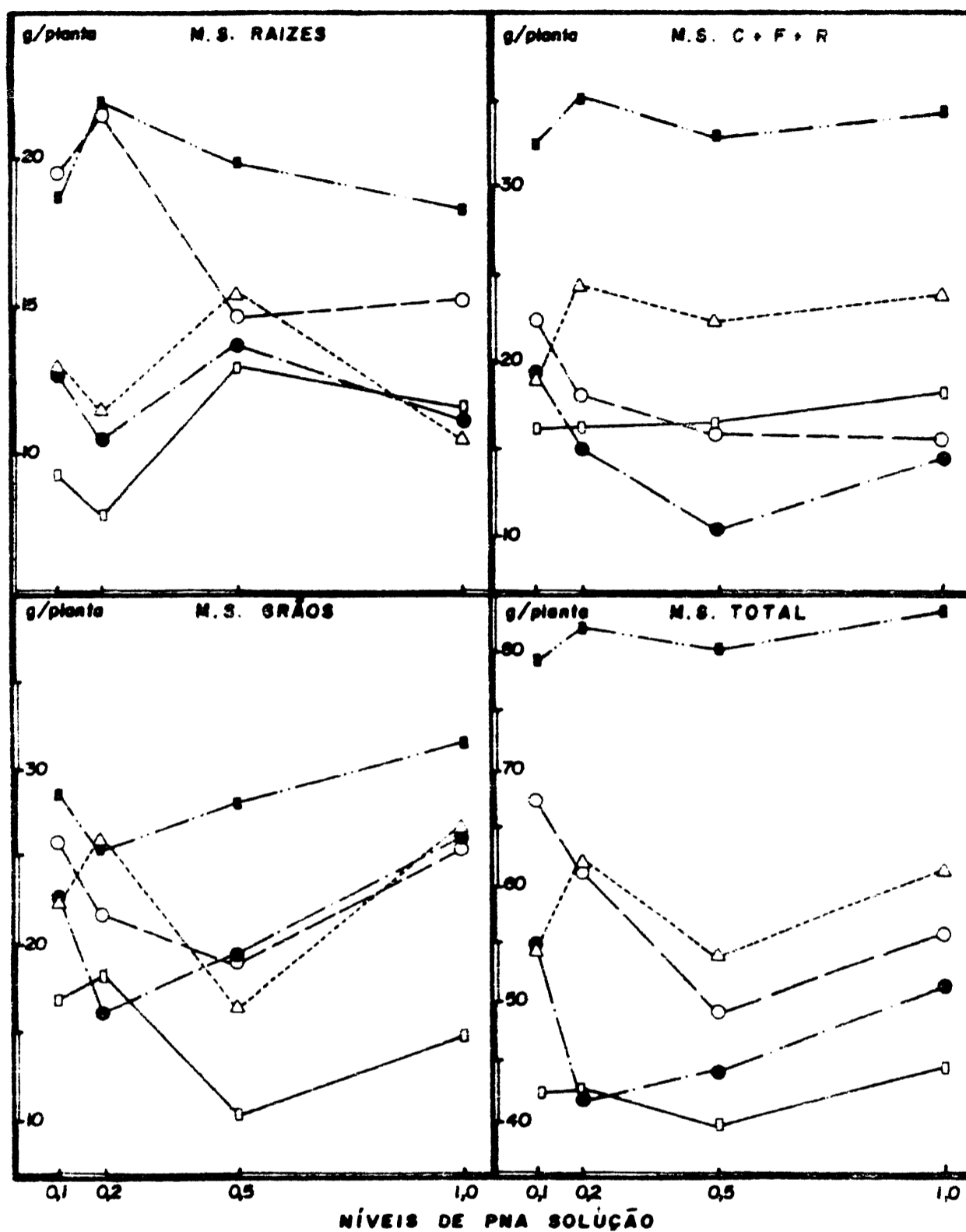
Os níveis de P no substrato em média não afetaram a matéria seca de raízes, de colmo + folhas + raquis e matéria seca total da planta mas proporcionaram efeitos na produção de matéria seca de grãos da cultivares (Figura 1).

É interessante a consistência com que aparecem menores produções de grãos com o nível de 0,5 de P, tendências que são confirmadas por regressões quadráticas altamente significativas para as cultivares TE Y 101, C 102 e C 101.

EPSTEIN (1962) relata que a competição iônica leva a um movimento acelerado dos íons, assim, se existirem sítios de ligação ao longo do caminho dos íons com afinidade por duas espécies iônicas, o movimento de um deles presente em baixa concentração poderia ser impedido devido a sua união com esses sítios; a presença de uma segunda espécie iônica pode acelerar o movimento do primeiro por competir com ele, e portanto evitando que se torne imobilizado. No presente casos nos níveis 0,2 e 0,1 e P, baixas concentrações portanto, podem ter havido maior movimentação do fósforo através da competição com outros íons, o que não deve ter ocorrido no nível 0,5, com reflexos na produção de matéria seca de grãos.

Outra hipótese, seria que estes cultivares talvez apresentem mecanismo duplo de absorção de fósforo (EPSTEIN, 1975) e a diminuição de produção em níveis intermediários de fósforo seria explicada pelo fato do mecanismo de absorção para baixas concentrações estar saturado, e estas concentrações não terem sido suficientemente altas para induzir o mecanismo 2 (altas concentrações), por ser este menos específico.

WHITE (1973), estudando a interação entre a atividade metabólica e a taxa de absorção de fósforo, apresentou resultados de taxa de acumulação de fósforo e taxa de absorção de fósforo nas raízes de alfafa com tendência semelhantes às obtidas no presente trabalho, mas não apresentou comentá-



	Raizes	C+F+R	Grão	Total
●— P 8417	—	$25.1 - 43.6x + 35.1x^2$	—	—
○— TEY 101	—	—	$28.5 - 37.2x + 34.0x^2$	$75.4 - 84.9x + 65.6x^2$
□— C 102	—	—	$21.7 - 35.0x + 27.9x^2$	—
△— C 101	—	—	$28.9 - 42.5x + 40.1x^2$	—
■— E 57	—	—	—	—

Figura 1 - Produção de matéria seca de raízes, colmo + folhas + raquis, grãos e total de sorgo granífero, em função dos níveis de fósforo na solução nutritiva.

rios sobre o fato. Segundo este autor, a absorção de fósforo, quando em baixas concentrações na solução, seria governada pela taxa de crescimento da planta de crescimento da planta que por sua vez é influenciada pelo N, presente em concentração alta nas condições dos tratamentos utilizadas no caso do presente trabalho.

O exame das regressões mostra que os cultivares TEY101, C 101 e C 102, todos distribuídos pela mesma companhia, apresentam reações semelhantes entre si à deficiência de fósforo, e diferentes dos cultivares E 57 e P 8417, o que levou a se pensar em uma possível influência genética nesta reação.

As cultivares de sorgo granífero apresentaram produções de matéria seca total diferentes entre si, e de maneira geral as produções total menores foram explicadas por produções menores dos componentes de raízes, colmo + folhas + raquis e grãos, e a ordes decrescente de produção de matéria seca total foi: E 57, TE Y 101, C 101; P 8417 e C 102.

Embora os cultivares tenham apresentado potenciais diferentes para produção de matéria seca, suas reações ao "stress" relativo de fósforo foram semelhantes, o que ficou patente pela ausência de interações na análise de variância.

Os níveis de P na solução nutritiva tiveram efeito sobre a absorção de N dos cultivares P 8417, C 101 e E 57, o que, em parte, é confirmado pelo estudo das regressões (Figura 2).

GLOVER (1953a), estudando a nutrição do milho em substrato de quartzo com solução nutritiva, relata efeitos do P e do N sobre a produção de matéria seca e sobre a acumulação de nutrientes, e diz que os efeitos de N e P não devem ser considerados separadamente, devido à interação existente. Relata ainda que o fósforo teve efeitos na acumulação de N mas não no teor de N, concluindo que os aumentos na quantidade de N acumulado foram devidos à maior produção de matéria seca. No presente caso, os níveis de P utilizados não chegaram a afetar significativamente a produção de matéria seca total da planta de sorgo (Figura 1), mas pode-se notar uma tendência de diminuição nas produções, principalmente de grãos,

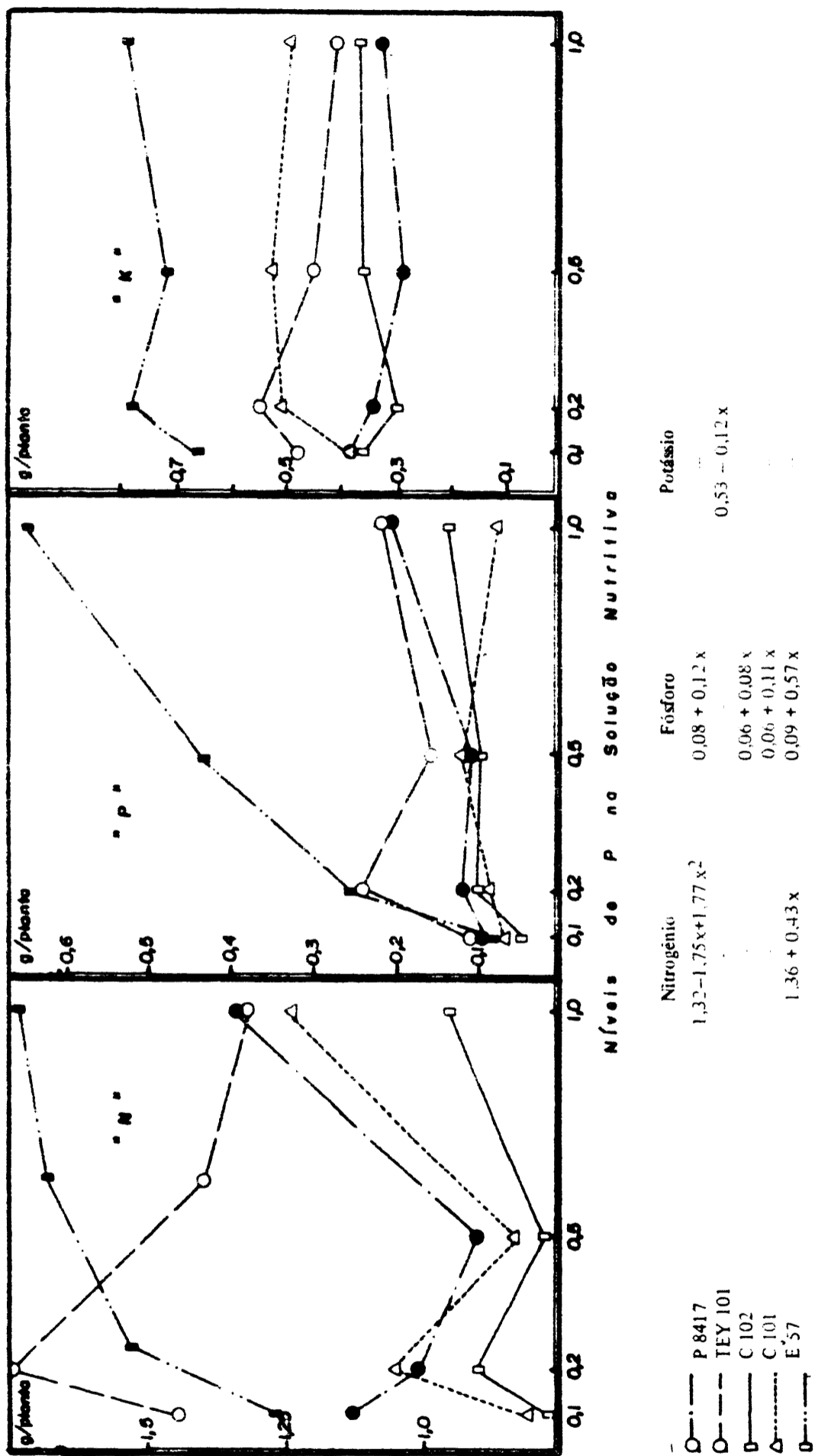


Figura 2 - Quantidade de N, P e K absorvidas pela planta de sorgo granífero em função dos níveis de fósforo na solução nutritiva.

que talvez expliquem os resultados obtidos para a absorção total de N pela planta, em função dos níveis de P na solução nutritiva.

De maneira geral, os cultivares que apresentaram maiores produções de matéria seca total, também apresentaram maiores quantidades de N absorvido em função dos níveis de P, o que concorda com os resultados de GLOVER (1953a).

As quantidades de P absorvidas pelas cultivares de sorgo sofreram influência significativa dos níveis de P na solução nutritiva (Figura 2), com exceção do cultivar C 102 que demonstrou apenas uma tendência. Estes resultados são confirmados pelas regressões lineares obtidas para todos os cultivares, com exceção da TE Y 101. Como a matéria seca total não foi influenciada pelos níveis de P, foi uma função da concentração do nutriente no substrato. Estes resultados concordam com GLOVER (1953a, 1953b).

É interessante notar que no nível mais alto de P o cultivar E 57 absorveu muito mais fósforo que os outros cultivares (Figura 2), mas no nível mais baixo do nutriente, as absorções de todos os cultivares foram equivalentes. Assim deve existir uma diferença entre os cultivares nas capacidades de absorção de P, pois o cultivar E 57 parece ter apresentado um mecanismo muito mais eficiente para a acumulação de P quando o nutriente estava presente em grandes quantidades. Como não foi aparente a diferença na produção de grãos, a fisiologia da planta parece não ter capacidade para utilizar todo o fósforo absorvido, tornando-se aparente uma alimentação de luxo.

Os níveis de fósforo na solução nutritiva não apresentaram efeitos sobre a absorção de potássio pelos cultivares de sorgo (Figura 2), embora o cultivar C 101 tenha apresentado regressão linear entre níveis de P na absorção de K. A absorção de K pelos cultivares obedeceu à seguinte ordem: E 57, C 101, TE Y 101, C 102 e P 8417. Isto veio demonstrar que os níveis de P utilizados não foram suficientemente baixos para afetar os processos de absorção "morro acima" em que o fósforo interfere (MALAVOLTA, 1976).

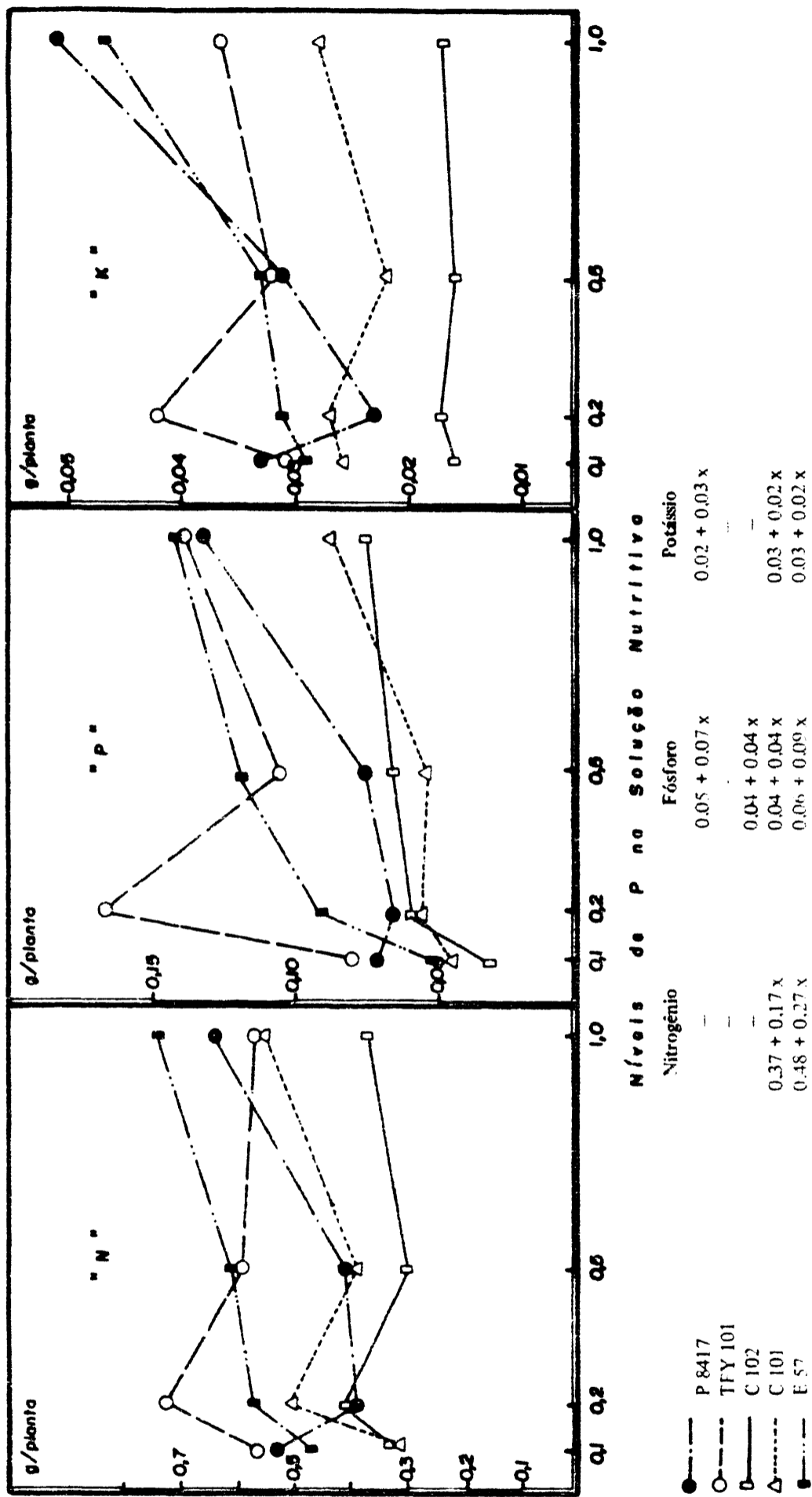


Figura 3 - Quantidades de N, P e K contidas nos grãos de sorgo granífero, em função dos níveis de fósforo na solução nutritiva.

A exemplo do que ocorreu com a absorção de N pela planta, as quantidades de N contido nos grãos de sorgo foram influenciadas pelos níveis de P na solução nutritiva para as cultivares P 8417, C 101 e E 57, mas apenas as cultivares C 101 e E57 apresentaram regressões lineares significativas (Figura 3).

As quantidades de P contidas nos grãos de sorgo sofreram influência dos níveis de P no substrato (Figura 3), mas a reação dos cultivares ao "stress" relativo de P, ao contrário do que ocorreu com a absorção total de P, foi semelhante. Isto ficou evidenciado através da não significância da interação cultivares x níveis no caso das quantidades de P contido nos grãos.

O estudo das regressões mostrou que deve existir correlação entre P absorvido e P transportado para os grãos, sendo que apenas o cultivar TE Y 101 apresentou comportamento diferente dos demais, principalmente com relação ao P absorvido, o que deve ter sido um dos responsáveis pela interação significativa. De maneira geral a exportação de P pelos cultivares de sorgo seguiu a produção de matéria seca de grãos, com a seguinte ordem decrescente: TE Y 101, E 57, P 8417, C 101 e C 102.

Não foram notadas para absorção de fósforo, ou fósforo contido nos grãos, as mesmas tendências observadas para produção de matéria seca de grãos em função dos níveis de P no substrato; assim aquelas tendências devem ter sua razão de ser mais em função do balanço entre os nutrientes do que em função da absorção e translocação de P na planta.

Os níveis de P no substrato tiveram efeito na quantidade de K contido nos grãos de sorgo. Os resultados obtidos, tanto para absorção de K pela planta (Figura 2) como para K contido nos grãos de sorgo (Figura 3) parecem coincidir, de maneira geral, com os resultados obtidos para produção de matéria seca total, e produção de matéria seca de grãos (Figura 1), em função dos níveis de P no substrato. Assim, parece não ter havido efeitos fisiológicos do P na absorção e translocações de K. Todos os cultivares apresentaram quantidades seme-

lhantes de potássio nos grãos, com exceção da C 102, cuja quantidade foi menor.

SUMMARY

STUDIES ON MINERAL NUTRITION OF GRAIN SORGHUM. VIII - EFFECTS OF PHOSPHORUS

A greenhouse experiment with nutrient solution was carried out to verify the effects of phosphorus levels on growth, yield and nitrogen, phosphorus, and potassium contents of 5 grain sorghum cultivars.

The plants were grown in 20 l pots in presence either of full strength solution, or phosphorus diluted to 0.5, 0.2 and 0.1 of normal concentration, and were harvested at maturity (110 days after germination). At harvest, the plants were split into several parts, oven dried and ground. The samples were then analysed for total nitrogen, phosphorus and potassium.

Decreasing phosphorus availability caused a decrease in grain production, although the dry weight of the other plant parts was not affected; sorghum cultivars showed different responses to phosphorus. The levels of phosphorus in nutrient solution had an effect on nitrogen and phosphorus contents, but potassium absorption was not affected. A decrease in translocation of potassium to the sorghum grains with the decrease in phosphorus availability was observed.

LITERATURA CITADA

- BOGULAWSKI, E. VON; ATANASIU, N.; SHAA BAN, K., 1975. Requirement removal and uptake of nutrients, and yield of sorghum in a temperate climate. Z. Acker - U. Pfl Barru. **122**: 251-66.
- BOX, J., 1971. Soil Management-fertility. Em: **Grain sorghum research in Texas...**, 1970. Consolitated PR- 2938-2949, Texas A & M University, p.112-115.

- CAMPBELL, A.R.; PICKET, R.C., 1968. Effect of nitrogen fertilization on protein quality and quantity and certain other characteristics of 19 strains of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Crop Sci.* **8**(5): 545-547.
- EPSTEIN, E., 1962. Mutual effects of ions in their absorption by plants. *Agrochimica* **6**: 293-322.
- EPSTEIN, E., 1975. **Nutrição mineral das plantas - Princípios e perspectivas.** Trad. e Notas de E. MALAVOLTA, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. São Paulo, ed. da USP, 344p.
- GLOVER, J., 1953. The nutrition of maize in sand culture, I. The balance of nutrition with particular reference to the level of supply of nitrogen and phosphorus. *J. Agric. Sci.* **43**(2): 154-159.
- GLOVER, J., 1953b. The nutrition of maize in sand culture. II. The uptake of nitrogen and phosphorus and its relevance to plant analysis. *J. Agric. Sci.* **43**(2): 160-165.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I., 1950. The water culture method for growing plants soil. *Calif. Agr. Expt. Sta. Circ.* 347.
- JACQUINOT, L., 1964. Contribution to the study of the mineral nutrition of sorghum congossane (*Sorghum vulgare*, var. Guineense). *Agron. Trop.*, Paris, **19**(8-9): 669-722.
- LANE, H.C.; WALKER, H.J., 1961. Mineral accumulation and distribution in grain sorghum, MP - 533. *Texas Agric. Exp. Sta.*, 9p.
- MALAVOLTA, E., 1976. **Manual de Química Agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo**, Ed. Agronômicas Ceres, São Paulo, 528p.
- MALAVOLTA, E.; LOURENÇO, S., 1978. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). I. Nota sobre o efeito das carências de macronutrientes no crescimento, e produção e composição mineral. **XI Reunião Bra-**

- sileira de Milho e Sorgo. Anais, Paterniani, E. (ed.) Piracicaba, p.691-700.
- ROY, R.N.; WRIGHT, B.C., 1974. Sorghum growth and nutrient uptake in relation of soil fertility. II - N, P e K uptake pattern by various plant parts. Agron. J. **66**(1): 5-10.
- TUCKER, B.B.; BENNETT, W.F , 1968. Fertilizer use on grain sorghum. Em: DINAUER, R.C. (ed.). **Changing Patterns in fertilizer use**, Madison, Soil Sci. Soc. Amer.
- VANDERLIP, R.L., 1972. How Sorghum plant develops. Contribution n° 1203, Kansas Agr. Exp. Sta., Manattan, 19p.
- VILLACHICA, H., 1973. Respuesta del sorgho al encalado y fertilizacion. I - Rendimiento de matéria seca y concentración foliar de N, P y K.
- WHITE, R.E., 1973. Studies on mineral ion absorption by plants. II. The interaction between metabolic activity and the rate of phosphorus uptake. Plant and Soil 38: 509-523.

